

DR. K. W. VAN GORKOM'S OOST-INDISCHE CULTURES

OPNIEUW UITGEGEVEN ONDER REDACTIE VAN

DR. H. C. PRINSEN GEERLIGS.

Tweede zeer vermeerderde en verbeterde druk

EERSTE DEEL.

Dr. K. W. VAN GORKOM's OOST-INDISCHE CULTURES

Dr. K. W. VAN GORKOM's

OOST-INDISCHE CULTURES

OPNIEUW UITGEGEVEN ONDER REDACTIE VAN

DR. H. C. PRINSEN GEERLIGS.

TWEEDE VEEL VERMEERDERDE DRUK

EERSTE DEEL

AMSTERDAM – J. H. DE BUSSY – 1917


LIBRARY
NOV 14 1969
UNIVERSITY OF TORONTO

VOORBERICHT VOOR DEN EERSTEN DRUK.

Toen bij den uitgever van het bekende werk: VAN GORKOM „De Oost-Indische Cultures" het voornemen werd gevormd hiervan eene met de sedert het verschijnen van het oorspronkelijke werk verkregen uitkomsten en ervaringen in overeenstemming gebrachte nieuwe bewerking het licht te doen zien, bleek het, dat deze op geheel andere wijze zoude moeten geschieden dan bij de eerste uitgave het geval was geweest.

De tijden zijn voorbij, waarin één enkel persoon in staat was het geheele uitgestrekte gebied van de in Oost-Indië gedreven cultures te beheerschen en zoodanig met de verschillende bijzonderheden van ieder hunner vertrouwd te zijn, dat hij het zoude kunnen wagen van het boek van VAN GORKOM eene bewerking te geven, die even goed den tegenwoordigen toestand van de cultures zoude wedergeven als dit in den tijd van VAN GORKOM met de eerste uitgave is geschied.

In de tusschen 1884 en den dag van heden liggende jaren heeft het proefondervindelijke onderzoek en de toepassing van de bij dat onderzoek verkregen resultaten op de praktijk de schoonste triomfen gevierd. Veel van hetgeen in 1884 nog op overlevering en op empirie berustte, is nu door het onderzoek bevestigd of verklaard of onjuist bevonden, waardoor veel van hetgeen toen nog in duister lag, tot klaarheid is gekomen.

Ten gevolge van de vermeerdering van de kennis van de bijzonderheden is het niet meer mogelijk, dat de bewerking van een boek, dat over zoovele verschillende cultures handelt, door een enkel persoon geschiedt, ook al mocht er iemand gevonden kunnen worden, welke den veelomvattenden geest en de werkkracht van VAN GORKOM zou bezitten en het was een gelukkige gedachte van den uitgever opdracht te verleenen, tot het uitnoodigen van een aantal competente personen op het gebied der cultures, welke ieder in hun vak eene bijzondere studie van de verschillende artikels hebben gemaakt.

Aan mij viel de vereerende taak ten deel de medewerkers uit te noodigen en het redacteurschap van het werk op mij te nemen, waardoor het werk zoo goed mogelijk een samenhangend en in zijn verband blijvend geheel zou vormen en niet uit eene reeks afzonderlijke opstellen zou bestaan.

Al zou het boek ook sterk in karakter van het oorspronkelijke afwijken, toch kon het niet anders of de naam van Dr. VAN GORKOM moest aan het nieuwe boek verbonden blijven, als eene hulde gebracht aan dezen pionier van de wetenschappelijke litteratuur over onze koloniale agricultuur.

Vandaar dat het hier aangeboden werk den titel heeft behouden VAN GORKOM'S *Oost-Indische Cultures* met den ondertitel *Opnieuw Uitgegeven* en wij hopen, dat het in zijn nieuw kleed even nuttig zal zijn voor de vermeerdering van de kennis van den Oost-Indischen Landbouw als zijn voorganger het in zijn tijd is geweest.

Bij de uitnoodiging van de verschillende medewerkers, heb ik tot mijne groote vreugde de meest mogelijke ondersteuning mogen genieten. Nagenoeg allen, die ik uitnoodigde mij ter zijde te staan, waren daartoe terstond bereid en het is mij mogen gelukken in een betrekkelijk kort tijdsverloop de vele artikelen, die dit werk samenstellen, bijeen te krijgen.

Wat bovendien zeer sterk bijdraagt tot het universeele karakter van dit boek is, dat mannen van allerlei maatschappelijke positie in de rij van medewerkers vertegenwoordigd zijn, namelijk hoogleeraren aan Universiteiten, leeraars aan Hoogere en Lagere Landbouwscholen, gewezen en nog in functie zijnde directeuren en medewerkers aan rijks- en particuliere proefstations en laboratoria, zoowel in Nederland als in de koloniën, de directeur en de conservator van het Koloniaal Museum, de hortulanus van 's Lands Plantentuin, de onderdirecteur van het Meteorologisch Instituut, fabrikanten en planters, in het kort, geen klasse van hen, die het wel meenen met onzen tropischen landbouw, ontbreekt aan de lijst en ik vervul hierbij een aangenamen plicht door hen van harte dank te zeggen voor de betoonde medewerking en den ontvangen steun.

AMSTERDAM, 25 Juli 1913.

H. C. PRINSEN GEERLIGS.

VOORBERICHT VOOR DEN TWEEDEN DRUK.

Binnen zeer korten tijd is de eerste druk van dit werk uitverkocht, hetgeen den uitgever aanleiding gaf een tweeden druk te doen voorbereiden.

De redactie van het geheele werk werd wederom aan mij opgedragen, terwijl ik zoo gelukkig was alle medewerkers, die de hoofdstukken van den eersten druk bewerkt hadden, bereid te vinden dit ook voor den nieuwen druk te willen doen.

Het hoofdstuk over „Koffie", dat in den eersten druk bijeenverzameld was uit fragmenten, geleverd door verschillende medewerkers, is thans in een geheel aaneengesloten geheel bewerkt door Dr. Z. KAMERLING te Wageningen, zoodat nu alle hoofdstukken door volkomen bevoegde deskundigen zijn geschreven.

Aangezien de geheele opzet en de bewerking der stof doeltreffend waren bevonden, is de tweede druk op volkomen dezelfde leest geschoeid als zijn voorganger. Omdat er in de vier jaren na het ontstaan van den eersten druk in de verschillende cultures geene zeer groote veranderingen zijn voorgevallen, zijn de hoofdzaken dezelfde gebleven, doch er is groote zorg besteed om de verschillende onderwerpen tot den laatsten tijd bij te werken, de allernieuwste ervaringen op te teekenen en verder om de statistieke gegevens op de hoogte van den tijd te brengen.

Ten slotte zijn afbeeldingen, die tot verduidelijking van den tekst dienen, in ruime mate vernieuwd en vermeerderd.

AMSTERDAM, 1 Mei 1917.

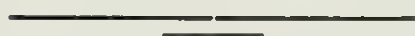
DR. H. C. PRINSEN GEERLIGS.

INHOUD VAN HET EERSTE DEEL.

HET KLIMAAT IN NEDERLANDSCH INDIË

DOOR

Dr. J. P. VAN DER STOK.



Deel I

INHOUD.

Inleiding.

Het is moeilijk, zoo niet onmogelijk, in een kort bestek uit te drukken, wat men door het begrip „klimaat" verstaat; ieder toch is geneigd dit begrip naar eigen werkkring, behoeften en belangen te fatsoeneeren. De zeeman, de planter, de arts, de kranke, allen hechten hun eigen beteekenis aan dit begrip en trachten tot eene kennis te geraken van de hen in het bijzonder rakende bijzonderheden, die in hun oog tot hoofdzaken worden.

Hoe meer men echter tot die details afdaalt, des te moeilijker wordt het eene beschrijving te geven; in eene landstreek toch, waar kustplaatsen, berghellingen en bergplateau's voorkomen, heeft eigenlijk elke plaats haar eigen klimaat en alleen door onderlinge vergelijking van uitvoerige waarnemingen zou het mogelijk zijn na te gaan, in welk opzicht twee plaatsen van eene landstreek klimaatverschil vertoonen.

Die verschillen kunnen in Indië ook voor dicht bij elkaar gelegen plaatsen, als b.v. Bandong en Tjimahi, zóó belangrijk zijn, dat in 1895 de keuze van een geschikt terrein voor legering van troepen daardoor bepaald kon worden, en aan iederen planter is het bekend, hoe grillig de regenverdeeling plaats heeft in elk eenigszins geaccidenteerd terrein.

Alleen voor enkele plaatsen, waar gedurende langen tijd onder deskundige leiding en toezicht meteorologische waarnemingen zijn verricht, zou het dus mogelijk zijn eene tot in bijzonderheden afdalende klimaatbeschrijving te geven.

Zulk eene samenstelling van feiten en getallen zou echter alleen locaal belang hebben en den lezer eene weinig verkwikkelijke lectuur bieden, zoodat het verkieslijk schijnt, in algemeene trekken te schetsen in welke opzichten het klimaat over geheel Indië overeenkomst ver-

toont en van welke factoren de bestaande verschillen afhankelijk zijn, zoodat ieder, voor eigen gebruik en omgeving, de algemeen geldende wetten en werkende oorzaken kan toepassen en aldus eene bevredigende verklaring vinden van waargenomen plaatselijke bijzonderheden.

Enkele bijzonderheden omtrent het klimaat van Batavia, van de Proefstations voor de suikerindustrie te Pekalongan en te Pasoeroean en eenige andere plaatsen kunnen dan, als numerieke toepassingen van de algemeen geldende beginselen, vermeld worden.

Temperatuur.

In een gordel van eilanden, groot en klein, zich niet verder uitstrekkend dan van ± 10° Noorder- en Zuiderbreedte, is er van een eigenlijk temperatuurklimaat weinig te bespeuren; het onderscheid tusschen winter en zomer is gering en bewolking en regenval bepalen, veel meer dan de zonnestand, de temperatuur van de lucht, terwijl ook de windrichting, die in gematigde klimaten zulk een overwegende rol speelt, slechts een geringen invloed kan doen gelden.

Jaarlijks passeert de zon twee malen het zenith, en tweemaal, in Juli en December, is haar zenithsafstand het grootst.

Inderdaad wijzen de gemiddelde lucht-temperaturen (berekend uit eene waarnemingsreeks van 40 jaren) van Batavia twee maxima aan, n.l. 26.51° C. (11—15 Mei) en 26.53° C. (13—22 October), en twee minima, n.l. 25.28° C. (16—20 Januari) en 25.66° C. (5—9 Juli), maar de verschillen zijn gering en hebben geen practische beteekenis. Ook de hoogste temperatuur ooit te Batavia waargenomen, 35.6° C., kwam, evenals de laagste, 18.9° C., voor; de eerste in November 1877, de laatste in September van hetzelfde jaar, d. i. omstreeks den tijd van den hoogsten zonnestand.

Hoog kan zelfs deze hoogste temperatuur niet genoemd worden; ook in Nederland zijn meermalen, in Juli en Augustus, dergelijke temperaturen waargenomen: op 28 Juli 1911 was de hoogste temperatuur te de Bilt 35.6° C., te Maastricht 36.3° C.

Neemt men voor de hand een deel van de Britsch-Indische jaarboeken, b.v. 1911, dan vindt men daar voor Maart tot Juni niet een enkele maal, maar ontelbare malen temperaturen hooger dan 38° C., vele hooger dan 43° C., te Allahabad 46° C., te Jacobabad 49.5° C. in Mei en voor laatstgenoemde plaats zelfs 52° C. in Juni.

De maximum-waarde, 33°—37° van Batavia, kan als algemeen geldend voor alle kustplaatsen van Nederlandsch Indië worden aangenomen.

Vergelijkt men, over dezelfde jaren, Batavia met de beide Proefstations, dan vindt men geen constante verschillen van eenige beteekenis.

Is de hoogste temperatuur niet hoog, wèl is de laagste temperatuur hoog te noemen; tegenover een hoogste temperatuur van 35.6° te de Bilt in Juli, staat een laagste temperatuur van 3.2°, terwijl Batavia 18.9° aanwijst.

Ook in dit opzicht is echter Nederlandsch Indië bevoorrecht boven vele plaatsen in Britsch Indië; in dezelfde maand waarin de hoogste temperatuur te Jacobabad 52° C. bedroeg, was de laagste temperatuur daar 28° C. Dergelijke hooge minima, die tot bijna ondragelijke toestanden leiden, komen in Nederlandsch-Indië niet voor.

Ook de hoogte boven de zee oefent op deze uiterste waarden slechts een betrekkelijk geringen invloed uit. Zoo b.v. vindt men voor Sakong (afd. Sambas, Borneo) voor 1897—1900, op eene hoogte van 140 M. boven zee, als hoogste temperatuur 36° genoteerd.

Te Lagoe Boti, gelegen aan het meer van Toba, op een hoogte van 900 M., werd van 1891 tot 1899 als hoogste temperatuur 32.8°, als laagste 15° waargenomen en te Si Borong Borong, op de hoogvlakte van Toba, op eene hoogte van 1150 M. boven zee, een maximum van 29° en een minimum van 14°. Eerst op zeer groote hoogte vindt men uiterste waarden van een andere orde. Zoo b.v. op den berg Pangerango (3023 M.) in 1912 een maximum 19.8° C. in September, en een minimum 2.6° C. in Augustus.

Hieruit blijkt, dat in geheel Indië een gematigd, zij het ook tropisch, zeeklimaat heerscht, waarbij groote extremen niet kunnen voorkomen, daar bewolking en vochtigheid den directen invloed van de zonnestralen aanmerkelijk temperen.

Ook de nachtelijke uitstraling, die bij een landklimaat, naast de directe bestraling, zulk een groote rol speelt, treedt in het zeeklimaat van Indië op den achtergrond, en, als de gemiddelde temperatuur toch vrij hoog is, dan is dit te wijten niet aan de hooge temperaturen, maar veeleer aan de lage temperaturen, die betrekkelijk hoog blijven.

Het Proefstation te Pasoeroean heeft in de 6 jaren 1902—1907 aanmerkelijk lagere minima geregistreerd dan Batavia: in 1905 b.v.

16.5° tegenover Batavia 20.4° en gemiddeld 18.0°, terwijl Batavia 20.8° en Pekalongan 19.6° als gemiddelde minima aangeven.

Omtrent de gemiddelde temperatuur kan men echter op deze extremen geen oordeel vellen, want, zooals uit de volgende cijfers blijkt, is, niettegenstaande de maxima ongeveer dezelfde zijn en de minima lager, Pasoeroean toch belangrijk warmer dan de twee andere plaatsen.

Gemiddelde luchttemperatuur.[1])

	Batavia.	Pekalongan.	Pasoeroean.
1902	26.37°	26.88°	26.89°
1903	26.38°	26.89°	26.97°
1904	25.85°	26.41°	26.70°
1905	26.51°	26.78°	26.97°
1906	26.47°	26.76°	27.15°
1907	26.02°	26.24°	26.93°
Gemiddeld .	26.27°	26.66°	26.94°

Ook al houdt men in het oog, dat een geheel gelijkwaardige opstelling van de instrumenten niet te verkrijgen is, zoodat aan den tweeden decimaal van deze cijfers geen waarde kan gehecht worden, blijkt hieruit toch, dat van West- naar Oost-Java de temperatuur niet onbelangrijk toeneemt.

De afneming van de gemiddelde temperatuur met de hoogte boven zee kan, niet alleen voor de tropen, maar voor bijna alle streken beneden 60° breedte op 0.57° per 100 M. gesteld worden.

Voor het meteorologisch station op den berg Pangerango, in de Preanger, op een hoogte van 3023 M., geeft het jaarboek voor 1912 een gemiddelde temperatuur van 9.38°; in hetzelfde jaar was te Batavia, op 5 M. hoogte, de temperatuur 26.51°. Hieruit volgt een gemiddelde afneming van 0.57° C. per 100 M., volkomen in overeenstemming met het bovengenoemd, uit vele andere bergstations afgeleid getal.

Neemt men voor Nieuw Guinea het zeeoppervlak een temperatuur aan van 25.5° C., dan volgt hieruit, dat op eene hoogte van

[1]) De gemiddelden uit de drie-uurlijksche waarnemingen van de Proefstations zijn op ware gemiddelden gecorrigeerd; correctie voor Pekalongan 0.13°, voor Pasoeroean 0.74°.

4474 M. een temperatuur van 0° C. zal worden aangetroffen, wederom in volkomen concordantie met de waarneming, daar Dr. HUBRECHT op 21 Februari 1913 de grens van de sneeuwkap op den Wilhelminatop op een hoogte van 4475 M. vond.

Natuurlijk is de volkomen overeenstemming met HUBRECHT's bepaling een toevallige, want zulk een sneeuwgrens verandert van jaar tot jaar met bewolking en zonneschijn en is ook afhankelijk van de heerschende windrichting, zoodat zij niet dezelfde is te loever en te lij.

Op de drie Afrikaansche, met sneeuw bedekte toppen, alle gelegen dicht bij den equator, n.l. de Ruwenzori, de Kenia en de Kilimandscharo, wordt de sneeuwgrens op 4500 M. aangetroffen.

Als curiosum moge hier worden vermeld, dat de laagste luchttemperatuur die ooit op aarde is waargenomen, wel niet op, maar boven Java is geconstateerd: op 5 November 1913 werd, op eene hoogte van 17 K.M., door Dr. VAN BEMMELEN eene temperatuur gevonden van —92° C.

De laagste temperatuur op het aardoppervlak waargenomen is —70° C. (Siberië) en op eene hoogte van 17 K.M. wordt in gematigde streken eene temperatuur van —55° C. gevonden.

Dit „record" van —92° C. is wel van weinig belang voor het klimaat van Java, maar van groote beteekenis voor de kennis van de algemeene toestanden in de atmosfeer.

De grondtemperatuur hangt, in nog sterker mate dan de luchttemperatuur, af van de keuze van het terrein en de wijze van opstelling der thermometers; maar zoowel te Batavia als bij de beide Proefstations is de grondtemperatuur zeker aanmerkelijk hooger dan de gemiddelde luchttemperatuur, een verschil dat op ongeveer 3° C. kan worden gesteld.

De laagste temperatuur wordt aangetroffen op 30 c.M. diepte, de hoogste op 60 en 90 c.M., terwijl op 120 c.M. de temperatuur een kleine daling vertoont; de verschillen zijn echter gering.

JUNGHUHN's kunstgreep, om de gemiddelde luchttemperatuur te schatten door gelijkstelling met de grondtemperatuur op ± 1 M. diepte, geeft dus, althans voor kustplaatsen, slechts eene zeer ruwe benadering en zou tot te hooge temperaturen leiden.

Het gevoel van drukkende warmte hangt niet in de eerste plaats af van de hoogte der temperatuur en houdt veeleer verband met de

meerdere of mindere gemakkelijkheid van de uitwisseling van temperatuur tusschen het lichaam en de omgeving.

De boven aangehaalde hoogste temperatuur, te Batavia waargenomen, is door niemand van het groote publiek opgemerkt, omdat toen de lucht droog was en de zeewind goed doorstond. Eerst bij windstilte, wanneer het lichaam als het ware in de eigen atmosfeer blijft, ontstaat het bekende drukkende gevoel, kenmerkend voor den vooravond, als de wind gaat liggen, en vooral aan de kenteringnachten. Waaier en schommelstoel moeten dan aan dit gebrek aan luchtververschiug tegemoet komen, en op eene wandeling zal men, al waait er slechts een bijna onmerkbare wind, geen last ondervinden van de warmte zoolang men tegen den wind inloopt, maar op den teruggang als men den wind „doodloopt", zal men een geheel andere temperatuurondervinding opdoen.

Geheel en al hetzelfde wordt ondervonden in koude klimaten, waar geen wintertemperatuur, hoe laag ook, onaangenaam aandoet, zoolang er geen of weinig wind is, terwijl bij 0° C. reeds een matige wind een huiverig gevoel opwekt.

Drukking van de Lucht.

De barometerstand en de verdeeling van de luchtdrukking over de omgeving, die in Europa voor de kennis en de voorspelling van het weer eene hoofdrol spelen, zijn, schijnbaar althans, voor het klimaat van Indië van weinig belang. Dit is echter slechts schijnbaar het geval, want alle luchtbeweging heeft haar bestaan aan ontstane verschillen in drukking te danken.

In Indië heeft men geen barometers en die er in de woningen als sieraad worden overgebracht, zijn meestal defect en niet in aanzien. Heeft men een goeden barometer, dan ziet men dat hij dagelijks, met bijna uurwerk-zekerheid, des ochtends en des avonds omstreeks 10 uur hooger staat dan 's middags en 's nachts te 4 uur, met een verschil van ongeveer 2.5 m.M. Ditzelfde verschijnsel doet zich voor over de geheele aarde en omstreeks denzelfden tijd, maar in de tropen is het viermaal sterker dan in Nederland, waar het bovendien door andere en veel sterkere storingen wordt overvleugeld en bedekt.

Voor de kennis van weer en wind is deze beweging zonder beteekenis en andere schommelingen zijn zóó gering, dat zij alleen aan goede instrumenten en door geoefende waarnemers met juistheid kunnen worden opgemerkt.

In de tropen ontstaan door verschil in verwarming wel degelijk verschillen in luchtdrukking, maar die verschillen worden binnen korten termijn opgeheven en veroorzaken slechts plaatselijke, min of meer sterke luchtverplaatsingen, als land- en zeewind en den wind, die aan regenbuien voorafgaat, of ook krachtige valwinden, die op Sumatra's Oostkust (Sumatranen) en des avonds op de reede van Padang worden waargenomen.

De oorzaak dezer snelle uitwisseling is te zoeken in de afwezigheid van den invloed van de omwenteling der aarde om hare as;

deze invloed verdwijnt namelijk bij den equator en neemt toe met de breedte.

Door dezen invloed verkrijgt elk voorwerp, dat zich op de aarde beweegt, eene afwijking van zijn oorspronkelijke baan, naar rechts op het Noordelijk, naar links op het Zuidelijk halfrond, en de uitwisseling van verschillen in drukking die in de tropen bijna direct geschiedt, kan in hoogere breedten slechts langs groote omwegen tot stand komen, terwijl, omgekeerd, door deze wervelende beweging, een eenmaal ontstaan verschil in drukking wordt onderhouden en versterkt in zulk eene mate, dat ware kringstormen (cyclonen) ontstaan.

In Nederlandsch Indië zijn zulke stormen onbekend, zij treden eerst op bij de Philippijnen in den vorm van cyclonen, die zich met groote snelheid van Oost naar West bewegen en zich dus in het noordelijk deel der Celebeszee kunnen doen gevoelen.

Wanneer men de barometer-waarnemingen, in het Indische rijk gedaan, in een kaartje inschrijft, en de lijnen van gelijke drukking (isobaren) teekent, dan blijkt dat die lijnen ver uit elkander liggen, dat dus het verval van drukking zeer gering is. Die kaartjes, door het observatorium te Batavia gegeven, toonen aan, dat tusschen Menado en Koepang, op een afstand van 1200 K.M., het verschil in drukking slechts 1.5 m.M. bedraagt, d.i. per graad van 111 K.M. (men noemt dit dan een gradiënt) slechts 0.13 m.M. Het is echter duidelijk, dat deze isobaren slechts een klein onderdeel vormen van een veel grooter geheel.

Beschouwen wij een wereldkaart, dan zien wij terstond dat in Januari, wegens de zeer lage temperatuur (—48° C.), die dan in Siberië heerscht, over geheel Azië eene hooge drukking wordt waargenomen, die in Thibet 780 m.M. bedraagt, terwijl tegelijkertijd over Australië, waar het dan zomer is, hooge temperaturen (± 32° C.) voorkomen en de barometerstand lager is dan de gemiddelde jaarlijksche stand, n.l. 752 m.M.; dit geeft een verschil van 28 m.M. over een afstand van 60 breedtegraden; het is dus geen wonder, dat men in den betrekkelijk smallen gordel van de Indische eilanden weinig hiervan bespeurt, maar toch wordt de luchtbeweging over geheel Nederlandsch en Britsch Indië daardoor beheerscht; de kracht is klein, maar een kleine kracht is in staat sterke beweging te voorschijn te roepen als zij over groote afstanden en voortdurend werkzaam is.

In Juli daarentegen is de temperatuur in Azië's hoogvlakte hoog (32° C.); in Australië, waar het dan winter is, laag (18°), en als gevolg daarvan is de barometerstand boven Britsch Indië zeer laag (748 m.M.) en hoog boven Australië (764 m.M.).

Het verschil (16 m.M.) is nu geringer dan in Januari, niet veel meer dan de helft, maar voldoende om een uitwisseling van Zuid naar Noord, tegenover in Januari van Noord naar Zuid te doen plaats grijpen en aldus de moessons te veroorzaken, die voornamelijk het klimaat van Nederlandsch Indië bepalen.



Fig. 1. WIND EN REGENVAL AUGUSTUS.

Luchtbeweging en Moessons.

Uit het bovenstaande volgt, dat in Juli de lucht van alle zijden naar het gebied van lagen druk in Azië toestroomt en een krachtigen Zuid-Westmoesson veroorzaakt in de Arabische Zee en de Golf van Bengalen, en de Zuid-Westen en Westen-winden doen zich dan nog gevoelen op Atjeh's kusten. De noordelijke punt van Sumatra behoort dus klimatologisch meer tot Azië dan tot Australië.

Op 10° Zuider-breedte heerscht nu in den Indischen Oceaan de Zuid-Oost-passaat, welke Z.O. wind bij den equator gedeeltelijk zijne kracht verliest door uitwijking van de lucht naar boven en gedeeltelijk zich ombuigt, onder den invloed van de zuiging in Azië, en aldus overgaat in den Zuid-Westmoesson van de Arabische Zee.

In Australië heerscht nu hooge drukking; uit hooge luchtlagen daalt de lucht neder op de afgekoelde woestijnen en wordt daarbij warmer, omdat zij, de aarde naderend, steeds onder hoogere drukking komt en dus wordt samengeperst.

Warmer worden beduidt tevens droger worden, daar warme lucht meer waterdamp in zich op kan nemen dan koude, alvorens de verzadiging is bereikt.

Van Australië zal dus naar alle zijden, maar vooral naar het Noorden, waar Siberië nu eene zuigende werking uitoefent, droge luchten uitstroomen, en wel in den Indischen Archipel uit Zuid-Oostelijke richting. Ook al strijkt die lucht over zee, zij zal toch nog vrij lang droog blijven, omdat zij van koudere naar warmere streken stroomt.

Die droogte zal vooral fel worden gevoeld op de kleine Soenda-eilanden, die het dichtst bij Australië gelegen zijn. Op Koepang (eiland Timor) vallen in de maanden Juli, Augustus en September te zamen niet meer dan gemiddeld 11 m.M. regen; te Waingapoe op de Noordkust van Soemba en te Baä (eiland Roti) valt in Juli geen regen.

Ook op Java, vooral in het Oostelijk deel en de Zuidkust, doet zich de droogte van dezen moesson nog krachtig gelden.

Op de kaart ziet men dat de windpijlen, de waterwegen volgend, zich over den geheelen Archipel verbreiden, echter met steeds kleinere lengten, d. w. z. kracht; daarbij wordt de lucht, door het strijken over het zeeoppervlak, voortdurend minder droog, en de scherpe tegenstelling tusschen de beide moessons, die op de kleine Soenda-eilanden in het oog springt, is onder den equator voor een goed deel verdwenen, ofschoon nog merkbaar. Te Pontianak b.v. regent het overvloedig gedurende het geheele jaar.

Een merkwaardige rol speelt, in dit systeem, het eiland Sumatra; op de Oostkust wordt de Oost-moesson, zij het ook zwak, in de straat van Malakka gevoeld; maar op de Westkust wordt hij noch op zee, noch op het land bemerkt.

De geheele Westkust van Sumatra vormt een overgangsgebied, waar van een eigenlijken moesson geen sprake is; tot op 1000 K.M. uit den wal worden dan ook onzekere winden aangetroffen, die een soort wervel vertoonen.

Dergelijke wervels en onzekere winden treft men ook aan op Australië's Westkust en bewesten Kaapland.

Een vaste wal, en als zoodanig is de kustlijn van West-Australië, voortgezet langs Sumatra's Westkust te beschouwen, verhindert de vorming van regelmatige winden.

Deze windtoestanden spiegelen zich duidelijk af in den regenval; op Sumatra's Westkust, van Padang (4500 m.M.) tot Maleubeuh (4000 m.M.), regent het vrij regelmatig het geheele jaar lang en zwaar; maar te Kotta Radja en Lhô-Seumawe waar, zooals reeds is vermeld, nu Westenwinden heerschen, is de regenval veel geringer, n.l. 1700 en 1500 m.M.

Beschouwen wij nu de windkaart van Januari; nu wordt de lucht uitgeblazen uit Azië en opgezogen door Australië; over Britsch Indië, in de Arabische Zee en de Golf van Bengalen heerscht een krachtige Noord-Oost moesson, omdat de aanvankelijk Noordelijke wind door de omwenteling der aarde, naar rechts draait en Noord-Oost wordt.

Bij den equator wordt deze strooming, wegens uitwijken naar boven in den opstijgenden equatorialen stroom, zwakker en buigt zich tevens naar het Oosten om, zoodat zij, in het Zuiden van

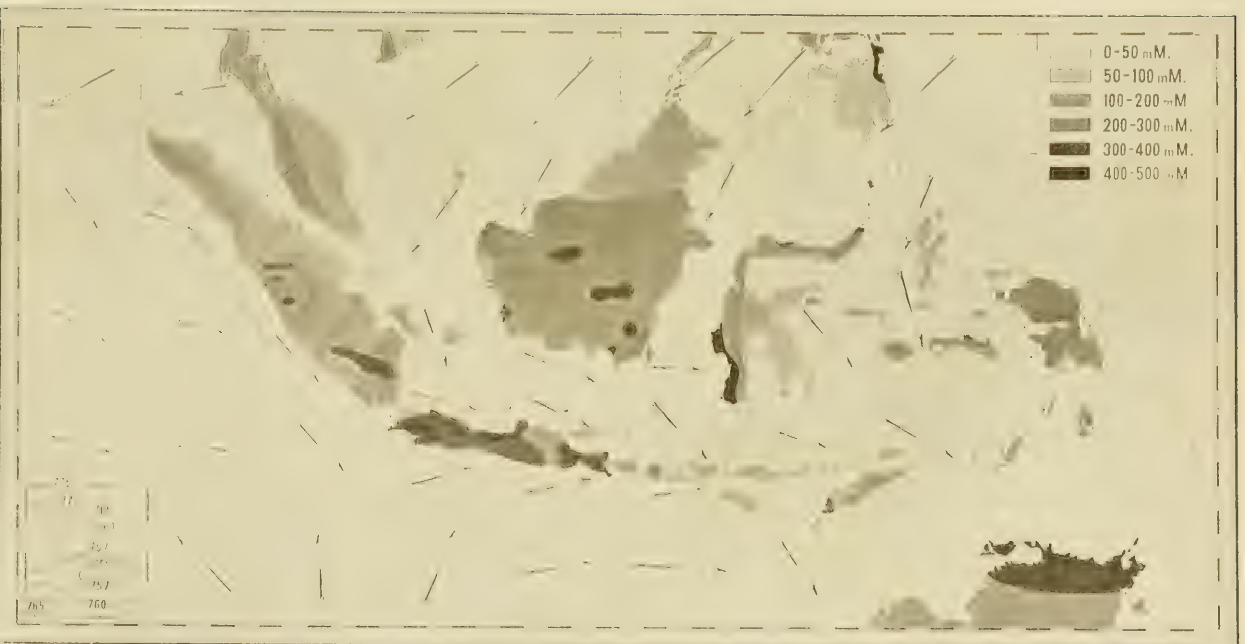


Fig. 2. WIND EN REGENVAL FEBRUARI.

Sumatra, in straat Soenda en over Java als Westenwind verschijnt.

Aan den anderen kant, van Achter Indië, de Oostkust van Siam en Malakka, neemt de uit Azië komende luchtstrooming, tengevolge van de omwenteling der aarde en versterkt door den Noord-Oost passaat, een zuid-westelijke richting aan, d. w. z. daar heerscht een Noord-Oosten wind die, weinig belemmerd door het Malaksche schiereiland, waar hij echter een deel van zijn vochtigheid verliest, zich op de Atjehsche kusten als Oostmoesson voordoet.

Ook in dezen moesson is dus Sumatra's Noordpunt in tegenspraak met alle overige deelen van den Archipel.

Terwijl de krachtige Westmoesson overal elders als de *kwade* moesson wordt beschouwd, lastig voor de scheepvaart en vooral voor het debarkeeren, ondervindt men hem in Atjeh als de *goede* moesson.

In het begin van den eersten Atjeh-oorlog was men hiermede niet bekend; men ondervond in Juli natuurlijk groote moeilijkheden bij de landing van troepen en, meenende dat de kwade moesson, evenals overal elders, in December zou aanbreken, achtte men het geraden de actie te staken en terug te keeren.

Deze vergissing heeft zeker een ongunstigen invloed uitgeoefend op het verder verloop van den Atjeh-krijg en toont duidelijk aan, hoe onmisbaar een degelijke kennis van het Indisch klimaat is, niet alleen voor den landbouw, maar ook voor de uitoefening van het gezag en opdat b.v. maritieme opmetingen met vrucht en op spaarzame wijze kunnen worden verricht onder gunstige omstandigheden van weer en wind.

In de maand Januari ziet men op Sumatra's Westkust, evenmin als in den Oostmoesson, een duidelijk en krachtig windsysteem; dit treedt eerst op in Zuid-Sumatra en is het meest ontwikkeld in de Javazee en de Chineesche Zee; ook nog goed merkbaar is het in de Soenda- en Bandazee, overal volgen de pijlen de waterwegen, waar de minste tegenstand door wrijving wordt ondervonden, en in de Celebeszee worden nu Noordelijke winden waargenomen.

De kenmerken van deze Westen- en Noordenwinden zijn gelijkmatiger over den geheelen Archipel dan die van den Oostmoesson; op hun langen waterweg hebben zij gelegenheid te over gehad tot het opnemen van waterdamp, en daar in Australië, het zuigend gebied, nu een opwaartsche luchtbeweging plaats vindt, zal ook allengs

overal een stijging van lucht tot stand komen die, als natuurlijk gevolg bij vochtige lucht, regenval met zich brengt.

Het onderscheid tusschen West- en Oostmoesson moet dus het sterkst zijn in de dicht bij Australië gelegen eilanden, de kleine Soenda-eilanden en Timor.

Uit deze beschrijving van de herkomst en aard dezer Westelijke winden volgt, dat nu de atmosfeer weinig of geen stofdeeltjes zal bevatten en dus buitengewoon helder is; bergen zijn dan op verren afstand duidelijk zichtbaar, en de zeeman heeft, wat hij noemt een goed „zicht".

In den Oostmoesson daarentegen is de uit de Australische woestijn stammende lucht bezwangerd met stof; ook dichtbij gelegen bergen zijn overdag onzichtbaar, en zelfs in den vroegen ochtend, als de sterke dauwvorming de lucht, althans in de onderste lagen, heeft schoongewassen, is het heiig en het „zicht" nog zeer matig.

Volgens waarnemingen van de helderheid der lucht des ochtends te 8 uur op het observatorium, gemeten door schatting van duidelijkheid volgens de schaal 0—10 waarmede de Salak en Gedeh zich vertoonen, is de gemiddelde helderheid in Augustus en September 1.0, tegenover 4.5 in December en Januari. Men ziet dit ook aan den nachtelijken hemel, waaraan in den Oostmoesson slechts bij uitzondering een schitterend sterrenheir prijkt, terwijl de sterren van de eerste grootte met een nevelkrans omgeven schijnen.

In de kenteringmaanden doen noch Azië, noch Australië hun invloed overwegend gelden; zwakke en onregelmatige winden worden waargenomen, en locale omstandigheden kunnen ongestoord tot haar recht komen. Onder deze speelt een hoofdrol de groote verhitting, die in Maart en April, October en November, de equatoriale gordel ondervindt, waar nu des voormiddags de zon in het zenith staat.

Zooals boven is opgemerkt, is de stijging van temperatuur, hierdoor veroorzaakt, gering, maar de opstijgende, vochtige lucht veroorzaakt nu bijna overal eene vermeerdering van regenval, zoodat de meeste plaatsen, in meerdere of mindere mate, twee maxima in de kenteringmaanden vertoonen, die dikwijls sterker zijn dan de regenval in December en Januari. Padang b.v. heeft maxima van 356 en 521 m.M. in April en October, tegenover 491 en 348 m.M. in December en Januari. Niet alleen onder den equator, ook op Java wordt dit ver-

schijnsel waargenomen, b.v. te Bandoeng, met maxima van 240 en 236 m.M. in Maart en November, tegen 222 en 196 m.M. in December en Januari.

In October en November nadert de stiltengordel, de zon volgend, Australië en gaat daar over in het gebied van warme, stijgende lucht over dit werelddeel, zoodat men een maximum van regenval in de kenteringmaanden uitsluitend aantreft op de niet dicht bij Australië gelegen stations, waar, zooals vroeger is opgemerkt, een zuivere moesson-regen heerscht met één maximum en één minimum.

Indien de stijging van lucht in de kentering als een locaal verschijnsel is genoemd, dan heeft dit alleen betrekking op de beide moessons, die hun oorsprong in de twee werelddeelen vinden.

Luchtbeweging van anderen aard, locaal in engeren zin van het woord, wordt veroorzaakt door plaatselijke verwarming en stijging van lucht, die aanleiding geven tot de vorming van hooge stapelwolken, waarvan men in Indië ontzaggelijke gevaarten kan waarnemen. Dr. VAN BEMMELEN heeft verscheidene dezer wolkentorens gemeten en daarbij hoogten tusschen top en grondvlak geconstateerd tot aan 16 K.M.

Een andere, in een bergland zeer gewichtige locale werking, komt tot stand wanneer de lucht gedwongen is te stijgen tegen een berg of bergrug. Te loever, aan de windzijde, zal dan vooral in den Westmoesson, de lucht, afkoelend door het stijgen, zich ontlasten van het steeds opnieuw onhoudbare vochtgehalte en zwaren regenval veroorzaken.

Aan de lijzijde zal diezelfde lucht, ontdaan van waterdamp, moeten dalen, zich daarbij verwarmen en dus steeds droger worden, zoodat de beide uitersten: zware regenval en uiterste droogte, niet ver van elkander worden ondervonden.

Op het eiland Ceram vindt men dientengevolge, zooals uit de kaarten blijkt, geheel en al omgekeerde (regen) moessons aan Noord- en Zuidkust.

In den Oostmoesson, als elders droogte heerscht, valt er veel regen op de aan den wind blootgestelde Zuidkust, weinig op de Noordkust; het omgekeerde is het geval in den Westmoesson, die hier beter Noordmoesson genoemd zou kunnen worden.

Op den Zuidelijken landtong van Celebes geeft hetzelfde proces aanleiding tot een abnormale verscherping van beide moessons bij

Makasser; in den Westmoesson wordt de lucht gedwongen tot stijging tegen den bergketen en veroorzaakt dan zwaren regenval aan de westzijde, droogte aan den anderen kant in de luwte. Omgekeerd wordt de Oostmoesson te Makasser ondervonden als een uiterst droge valwind, Broeboer genaamd, die ongunstig werkt op den gezondheidstoestand.

Een ander voorbeeld van dezen plaatselijken invloed vindt men op Java, op den bergzadel ten westen van den berg Slamat; zoowel in Oost- als in Westmoesson veroorzaken daar de stijgende luchtstroomingen zwaren regenval, waardoor het daar gevestigde regenstation Krangan het regenrijkste wordt van den Archipel met een gemiddelden regenval van 8000 m.M. per jaar, waarvan 1221 in October. Aan de lijzijde van den berg ondervindt men dan in den Oostmoesson te Cheribon en Tegal zeer droge winden, door den inlander Koembangwinden genaamd. Vermoedelijk kunnen ook de bekende droge Gendeng- en Prongong-winden bij Pasoeroean en Probolingo op deze wijze worden verklaard.

Ook op Sumatra zijn deze verschijnselen bekend, b.v. te Padang Lawas (Midden-Sumatra), waar het zich zeer sterk, en in Deli, waar het zich in mindere mate doet gevoelen en de droge wind als Bohorokwind bekend staat.

Dergelijke, door overschrijding van bergtoppen droog en warm geworden winden dragen in de meteorologie den Zwitserschen naam van Föhn-winden.

Te Insbrück, op de Zuidzijde der Alpen en te Biarritz, maar vooral in Noord-oostelijk Zwitserland, zijn dergelijke abnormaal heete en droge winden inheemsch en geven hier in den winter aanleiding tot zomertemperaturen (tot 22° C.) en woestijndroogte.

Tot de locale luchtstroomingen behooren ook de land- en zeewinden, ontstaan door ongelijke verwarming overdag, afkoeling in den nacht, van land en water. Zij kunnen dus beschouwd worden als moesson-winden in het klein en spelen in Indië, door hun groote intensiteit een aanmerkelijke rol.

Te Batavia veroorzaakt de zeewind, die, indien hij alleenheerscher ware, uit het Noorden zou waaien, te zamen met den Westmoessonwind een Noord-noordwesten wind; in den Oostmoesson wordt dan een Noord-noordoosten wind waargenomen.

De zeewind is meestal krachtig en doet zich te Batavia het sterkst gevoelen te 2—3 uur n.m. met een gemiddelde snelheid van 3—5 M. per sec.; de landwind is veel zwakker en beiden dragen er toe bij om, bij de kustplaatsen, het klimaat meer gematigd te maken; diep in het land dringt de zeewind niet.

De landwind, op den bodem zeer zwak, neemt met de hoogte toe en bereikt een maximum van ± 100 M. hoogte; maar ook hier slechts eene snelheid van 2 M. per sec.

Daar de Westmoesson zijn oorzaak vindt in de opzuiging van Australië, moet deze luchtstrooming voornamelijk plaats grijpen in de onderste lagen en het is dus niet te verwonderen, dat JUNGHUHN reeds heeft opgemerkt, dat deze luchtstrooming, in tegenstelling met den Oostmoesson, niet tot groote hoogten reikt.

Volgens waarnemingen door Dr. VAN BEMMELEN met behulp van ballons verricht, bedraagt deze hoogte gemiddeld 5.4 K.M., maar op 31 December 1909 was zij niet meer dan 2 K.M.

Deze gemiddelde grens van 5 K.M. komt juist overeen met de hoogte van de alto-cumuli (grove schaapjeswolken), die, volgens VAN BEMMELEN, de grens van den Westmoesson aangeven, waardoor hun ontbreken in den Oostmoesson wordt verklaard.

Het tijdstip van het invallen van Oost- en Westmoesson verschilt aanmerkelijk van jaar tot jaar; alleen uit gemiddelde waarden, gewonnen over vele jaren, kunnen van deze tijdstippen gemiddelden worden afgeleid. Uit de observaties te Batavia verricht blijkt dan, dat de eerste Oostelijke componenten optreden omstreeks 6—10 April, de eerste Westelijke componenten omstreeks 17—21 November.

Bewolking en Zonneschijn.

In Nederland is men algemeen overtuigd, dat in Indië een staalblauwe hemel en geringe bewolking, althans in den Oostmoesson, geregeld voorkomen; deze meening is geheel en al onjuist.

De gemiddelde bewolking te Batavia (schaal 0—10, 0 geheel helder, 10 geheel bedekt) is 5.8, de bewolking in Nederland (de Bilt), eveneens genomen over het geheele jaar, is 5.8; de gemiddelde graad van bewolking is dus voor beide deelen van het rijk dezelfde; in Nederland is de wolkenbedekking in Januari 6.5, in Juli 5.3; te Batavia in Januari 7.5, in Juli 4.6, in Augustus 4.2.

Als men, met behulp van uurwaarnemingen, te Batavia gedaan, de gemiddelden voor de Proefstations, waar driemaal daags wordt geobserveerd, op ware daggemiddelden corrigeert, dan vindt men voor de jaren 1902—1907 de volgende getallen:

Gemiddelde Bewolking.

	Batavia.	Pekalongan.	Pasoeroean.
1902	5.4	4.4	3.6
1903	6.2	4.8	4.5
1904	6.7	6.0	5.0
1905	6.1	5.0	4.4
1906	6.9	5.2	5.0
1907	6.8	5.1	4.9
Gemiddeld	6.35	5.08	4.57

Hieruit blijkt, dat over Java, van het Westen naar het Oosten, de bewolking afneemt; hierdoor wordt het boven geconstateerde feit, dat ook de gemiddelde luchttemperatuur van West naar Oost toeneemt, verklaard, terwijl toch de uiterste waarden weinig verschillen.

De hoogte, waarop de verschillende wolkenvormen zich voordoen,

verschilt weinig van de in Europa waargenomen hoogten; gemiddeld werden, uit vele metingen, die hoogten bepaald als volgt:

	Hoogte.
Cumulus (stapelwolk).	1738 M.
Alto-cumulus (grove schaapjeswolk) . .	5400 „
Cirrus (vederwolk)	11492 „

Al is de gemiddelde hemelbedekking in Indië weinig verschillend van de bewolking in Nederland, geheel en al onjuist zou de gevolgtrekking zijn, dat ook het percentage van zonneschijn, dat door het wolkendek wordt afgeweerd, in beide klimaten ongeveer hetzelfde zou zijn.

Uit de volgende tabel blijkt, dat het percentage van doorgelaten zonneschijn te Batavia bijna twee malen zoo groot is als te de Bilt; de verklaring hiervan is niet ver te zoeken en ligt in het verschil in wolkenvorm. In Indië is de cumulus of stapelwolk verreweg de meest voorkomende. Omstreeks 9 uur des ochtends beginnen geregeld elken dag de cumuli zich te vormen, en hun aantal groeit aan tot den middag, waarna eenige vermindering intreedt.

Percentage van mogelijken Zonneschijn.

	De Bilt (1899—1910).	Batavia (1889—1905).	Pasoeroean [1] (1901—1910).
Januari.	23	37	40
Februari	22	37	35
Maart	27	50	48
April	35	60	56
Mei	38	65	58
Juni	38	62	62
Juli	39	64	65
Augustus	39	69	67
September	36	68	69
October	29	60	64
November	21	47	54
December.	14	38	44
Jaar.	32	55	55

[1]) Ontleend aan Th. Marr. Meteor. Waarn. te Pasoeroean 1901—1910. *Archief voor de Suikerindustrie* van N. I. No. 19, afl. 19, Mei 1911.

Deze cumuli, ook al zijn er zooveel, dat de hemel er meer dan half mede is bedekt, sluiten een, zij het ook intermitteerenden, fellen zonneschijn niet uit, integendeel, licht en warmte worden door de weerkaatsing van de stralen tegen de van de zon verwijderde, helwitte cumuli vermeerderd.

In Nederland echter hebben de nimbi (regenwolken) en stratocumuli (dikke laag van min of meer gebalde wolken), die vooral des winters den geheelen hemel bedekken, de overhand.

Het zal den aandachtigen lezer niet ontgaan zijn, dat uit de bovenstaande tabel schijnt te blijken, dat het percentage van den doorgelaten zonneschijn bij het Proefstation te Pasoeroean even groot is als te Batavia, hetgeen in strijd is met de aangetoonde verschillen in temperatuur en bewolking op grond waarvan men à priori kan verzekeren, dat dit resultaat niet juist kan zijn. Het is ook niet juist en alleen te wijten aan het feit, dat de waarnemingsreeksen van Batavia en het Proefstation over verschillende tijdvakken loopen.

Met voordacht zijn deze uitkomsten in bovenstaande tabel naast elkander gesteld om aan te toonen, hoe voorzichtig men moet zijn met eene vergelijking van gemiddelden, ook al zijn die afgeleid uit een vrij groot aantal jaren. Voor eene vergelijking van klimaten onderling is het volstrekt noodzakelijk dat men dezelfde tijdvakken bezigt en dan is het niet noodig, dat die tijdvakken zich over vele jaren uitstrekken. Uit de volgende tabel blijkt duidelijk, dat inderdaad, en geheel overeenkomstig de hierboven vermelde resultaten van temperatuur en bewolking, het percentage van zonneschijn te Pasoeroean belangrijk (8 %) grooter is dan te Batavia.

Percentage van Zonneschijn.

	Pasoeroean.	Batavia.	Verschil.
1901	61.8	50.8	+ 11.0
1902	70.5	58.4	+ 12.1
1903	55.5	48.6	+ 6.9
1904	43.4	45.3	− 1.9
1905	58.4	53.5	+ 4.9
1906	49.4	44.6	+ 4.8
1907	56.4	39.0	+ 17.4
Gemiddeld . . .	56.5	48.6	+ 7.9

Ook de verdeeling van den zonneschijn over den dag is te Batavia niet dezelfde als te Pasoeroean.

Zonneschijn, Afwijking van Daggemiddelden.

	Pasoeroean.	Batavia.
8—9 v.m.	— 6.4	+ 6.5
9—11 v.m.	+ 14.2	+ 15.8
11 v.m.—0^5 n.m. . . .	— 3.8	— 8.1
0^5 n.m.—2^5 n.m. . . .	+ 20.2	— 6.3
2^5 n.m.—4 n.m. . . .	— 27.6	— 8.2

Uit dit tabelletje blijkt, dat, in overeenstemming met den dagelijkschen gang van de bewolking, op beide plaatsen een maximum optreedt van 9—11 v.m. en een minimum omstreeks den middag. Te Batavia handhaaft zich dit minimum in den namiddag, terwijl te Pasoeroean na den middag een sterk uitgesproken maximum optreedt. Dit verschil is te wijten aan den invloed van de Buitenzorgsche bergen te Batavia en, zooals hieronder zal worden aangetoond, aan den daardoor veroorzaakten bijzonderen dagelijkschen gang van regen en onweer. De vroege morgenuren schijnen te Batavia daarentegen helderder te zijn dan te Pasoeroean.

Betrekkelijke Vochtigheid, Regen en Donder.

Zooals van zeeklimaten te verwachten is, verschilt de gemiddelde betrekkelijke vochtigheid te Batavia weinig met die, welke in Nederland wordt ondervonden, hetgeen uit de volgende tabel duidelijk blijkt.

Gemiddelde betrekkelijke Vochtigheid.

	Batavia.	De Bilt.		Batavia.	De Bilt.
Januari . . .	87 %	89 %	Juli.	81 %	75 %
Februari . . .	88 „	88 „	Augustus . .	78 „	78 „
Maart	86 „	85 „	September . .	78 „	82 „
April	85 „	73 „	October . . .	79 „	86 „
Mei.	84 „	71 „	November . .	82 „	88 „
Juni	83 „	73 „	December . .	85 „	90 „
			Jaar	83 „	81 „

In December bevat de lucht te De Bilt 90 % van den waterdamp, dien zij zou kunnen bevatten, in Januari te Batavia 87 %; praktisch dus geen verschil in de maxima; maar in Mei, als in Nederland Noord-oosten winden waaien, is daar de betrekkelijke vochtigheid 71 %, terwijl zij te Batavia haar kleinste waarde vertoont in Augustus en September, n.l. 78 %.

Ofschoon er — evenals trouwens in het moederland — in den Oostmoesson van tijd tot tijd dagen van groote droogte voorkomen, kan men dus zeggen, dat in dit regenrijk eilandengebied de lucht steeds vochtig is en dus veel waterdamp bevat, omdat dit gepaard gaat met een hooge temperatuur. Deze vochtigheid bereikt des nachts, bij windstilte, bijna altijd haar maximum, tenminste in de onderste lagen van den dampkring en sterke dauwvorming is er het gevolg van. Reeds spoedig na zonsondergang wordt het grasveld vochtig en des ochtends vroeg parelen er bijna altijd dikke druppels op elken

grasspriet en zijn de enorme pisangbladeren zoodanig met dikke druppels bezet, dat men ze, zich vereenigend, bij de minste aanraking straalsgewijze op de onderstaande bladeren ziet afdruipen.

Hetgeen in den aanvang van dit opstel is gezegd, dat eigenlijk elke plaats haar eigen klimaat heeft, geldt wel het meest voor den regenval.

Wanneer men het prachtwerk: „Uitkomsten der Regenwaarnemingen op Java" (met atlas), door Dr. VAN BEMMELEN in 1914 uitgegeven, raadpleegt, zal men tot de overtuiging komen, dat het volstrekt onmogelijk is omtrent dezen gewichtigen meteorologischen factor in een kort bestek een overzicht te geven.

Verscheidene bijzonderheden omtrent den regenval zijn reeds besproken bij de behandeling der moessons, voor zooverre hierbij een duidelijk en treffend verband tusschen wind en regen kan worden aangetoond.

In het bovengenoemde werk vindt men den regenval op Java voor niet minder dan 1061 stations; maar niettegenstaande dit groote aantal bleek toch het teekenen van lijnen van gelijken regenval (isohyeten) in de eigenlijke bergstreken even ondoenlijk als in 1908 bij de eerste uitgaven.

Het grillig karakter van den regenval blijkt uit de schommelingen van jaar tot jaar uit het volgend overzicht (ontleend aan de inleiding) waarin voor elke maand en voor het jaar de gemiddelde regenval der observatorium-stations over geheel Java is uitgedrukt in deelen van het overeenkomstig gemiddelde voor 1879—1911.

	Hoogste.	Laagste.		Hoogste.	Laagste.
Januari . . .	1.33	0.73	Juli	3.56	0.08
Februari. . .	1.34	0.76	Augustus . .	2.95	0.09
Maart. . . .	1.28	0.63	September . .	2.86	0.06
April	1.51	0.59	October . . .	1.81	0.14
Mei	1.67	0.24	November . .	1.29	0.52
Juni	2.15	0.06	December . .	1.28	0.64
			Jaar	1.22	0.69

Vooral in de droge maanden zijn dus de afwijkingen zeer groot.

Natuurlijk vindt men voor de verschillende stations nog veel grooter verschillen dan voor geheel Java.

De grootste jaarlijksche regenval te Batavia, 2396.5 m.M., is waargenomen in 1872; de kleinste, 1176.7 m.M., in 1891.

Als de grootste en kleinste gemiddelde jaarlijksche regenval op Java vermeldt Dr. van Bemmelen: Krangan, Banjoemas (1905—1911) 8305 m.M., en Assembagoes, Besoeki (1905—1911) 882 m.M.

De grootste hoeveelheid op Java in één kalenderjaar gevallen is 10112 m.M. te Sirah Kentjong, Kediri, in 1909; en de grootste hoeveelheid in één etmaal op Java waargenomen is 511 m.M. te Besokor, Semarang (31 Jan.—1 Febr. 1901).

Ter vergelijking moge hier worden vermeld, dat, volgens de door Dr. Hartman gepubliceerde resultaten van den regenval in Nederland (Mededeelingen en Verhandelingen van het K. Nederl. Met. Instituut, *15*, 1913), de grootste jaarlijksche regenval is waargenomen te Leeghwater en Cruquius (1185 en 1184 m.M.) in 1903, de kleinste, 264 m.M., op Vlieland in 1907, terwijl als grootste hoeveelheid binnen één etmaal is opgegeven 109.4 m.M. te Hollum op Ameland.

De kleinste regenval is in Indië te zoeken op de dicht bij Australië gelegen eilanden, waar, zooals reeds is opgemerkt, zich de invloed van dit werelddeel het sterkst doet gevoelen. Te Waingapoe (N.-K. Soemba) is de gemiddelde regenval 764 m.M., iets minder dus dan te Assembagoes en weinig verschillend van de landgemiddelde in Nederland, n.l. 621 m.M.

Het groote verschil in den Indischen en den Nederlandschen regenval komt, nog beter dan in de absolute hoeveelheden, uit in wat men noemt de regendichtheid, d. i. de hoeveelheid regen per regendag. Houdt men alleen rekening met regens van minstens 1 m.M. in het etmaal, dan bedraagt het getal regendagen in Nederland 119, hetgeen overeenkomt (voor 691 m.M.) met 5.8 m,M. per regendag. Te Pontianak is deze dichtheid 17.5, te Ambon 15.7, te Batavia 12.5 in den Oostmoesson, 16.4 in den Westmoesson. Voor het bovengenoemde regenrijke station Krangan vindt men 36.2 en voor het regenarme Assembagoes 12.9. Ook de hoeveelheid per regenuur kan men aan eene vergelijking onderwerpen. Men vindt dan voor Ambon gemiddeld 5.8 m.M., voor Pontianak 5.9, voor Batavia 5.6, tegenover een uurlijksche intensiteit van 0.9 m.M. (in den zomer 1.3 m.M.) in onze streken.

Hieruit blijkt, dat de Indische regenval ongeveer zesmaal sterker is dan de Nederlandsche; maar neemt men den termijn nog korter

en vraagt men hoeveel er per minuut kan vallen, dan wordt het verschil tusschen de tropen en de gematigde luchtstreken wederom geringer, omdat men in beide gevallen met gelijksoortige onweersbuien te doen heeft. Als er 3 tot 5 m.M. per minuut vallen, spreekt men van een wolkbreuk en dergelijke wolkbreuken worden zeker in Indië waargenomen, maar zij zijn niet intensiever dan de meeste in Europa waargenomen plasregens, alleen langer van duur.

De dagelijksche variatie van den regenval, die in Europa zeer gering is, is in Indië, althans te Batavia, duidelijk merkbaar, ook in het dagelijksch leven; het minimum van den regen, n.l. 22 %, valt omstreeks 9—10 v.m.; het maximum, 7.0 %, omstreeks 4 5 n.m.

Op andere plaatsen, wier ligging ten opzichte van het bergachtige binnenland verschilt met die van Batavia, zal zeker deze variatie minder sterk optreden, want uit het volgend overzicht blijkt, dat deze dagelijksche gang in den regenval bijna volkomen gelijken tred houdt met de dagelijksche verandering in het voorkomen van donder en onweer, die grootendeels worden beheerscht door de Buitenzorgsche bergen Gedeh en Salak.

Percentage van Donder en Regenval te Batavia.

	Donder.	Regenval.
Middern.—6 v.m.	18.3 %	21.5 %
6 v.m.—middag	5.4 „	15.8 „
Middag—6 n.m.	50.1 „	34.8 „
6 n.m.—middern.	26.2 „	27.9 „

Hagelslag is te Batavia nooit waargenomen, wel te Buitenzorg en in de Preanger.

Weervoorspelling.

In Europa is de voorspelling van het weer, zooals die door de meteorologische observatoria wordt gegeven, gegrond op de kennis van de luchtdrukverdeeling en den daarbij optredenden wind voor een groot aantal plaatsen; volgens internationaal overleg worden deze gegevens elken ochtend langs telegrafischen weg aan alle observatoria geseind en hierop is het mogelijk eene voorspelling op *korten* termijn (24 uur) te gronden.

Hier wordt dus onder het begrip „weer" in de eerste plaats verstaan de gevolgen van de telkens optredende en veranderende wisselwerkingen tusschen gebieden van hooge en lage drukking.

Daar in Indië dergelijke veranderingen in de luchtdrukking niet voorkomen, kan er noch van weer, in deze beteekenis, noch van weervoorspelling sprake zijn. Het probleem van de weervoorspelling in Nederlandsch en Britsch Indië is dan ook van geheel anderen aard en betreft het vermoedelijke optreden naar tijd en intensiteit van de moessons, van den daarvan afhankelijken regenval en vooral van perioden van droogten, zoodat er gestreefd moet worden naar eene voorspelling op *langen* termijn.

De eenvoudigste oplossing van dit belangrijk probleem zou zonder twijfel kunnen worden gevonden in het bestaan van bepaalde, periodieke veranderingen in het klimaat, waarvan dan de oorsprong al dan niet met andere bekende verschijnselen in verband kan worden gebracht. Zulk een periodieke verandering is, al kan men ze onbetwistbaar aantoonen, daarom nog geenszins altijd van praktische beteekenis voor de voorspelling. Hiervoor is noodig, dat die variatie zóó constant en zóó sterk is, dat men daarop eene voorspelling met een vrij groote mate van waarschijnlijkheid kan gronden.

Waar zoovele factoren samenwerken bij de samenstelling van het klimaat, mag de eisch van zekerheid noch nu, noch ook in de toe-

komst redelijkerwijze gesteld worden; indien men eenvoudig lukraak voorspelt, zooals de altijd weer opduikende ondeskundige weerprofeten plegen te doen, dat b.v. een volgende zomer te warm of te koud zal zijn, heeft men altijd een trefkans van 50 %; de kans op goede uitkomst moet dus 50 % aanmerkelijk overtreffen, zal de aangewende methode de qualificatie „bruikbaar" verdienen.

Aan geen van deze voorwaarden, n.l. zekerheid en intensiteit, voldoen de beide periodieke veranderingen van het klimaat, wier bestaan, voor zoover het waarnemingsmateriaal reikt, en als men ze in een niet al te sceptische stemming beoordeelt, als aangetoond kan worden beschouwd.

De eerste is de periode van Brückner van ongeveer 35 jaren; deze periode is zóó lang, dat de reeksen van vertrouwbare waarnemingen nog slechts twee of hoogstens drie perioden kunnen omvatten; beschouwt men zulk eene reeks voor een bepaalde plaats, b.v. Batavia, dan blijkt terstond, dat men daarop voor een bepaald jaar, of zelfs voor een groep van enkele jaren zeker geen voorspelling kan gronden, al wijst ook de groep van jaren 1871—1885, die volgens Brückner „koud en nat" moeten zijn, inderdaad een tekort in het totaal aan van 1.61° C. en een overmaat van regen, n.l. 28222 m.M., terwijl de volgende groep van 15 jaren, 1886—1900, een surplus van temperatuur (+ 1.16° C.) en minder regen, n.l. 25367 m.M. oplevert.

Binnen de koude en regenrijke groep vallen echter de zeer warme en droge jaren 1877, 1878 en 1881, binnen de warme en droge periode de koude jaren 1887, 1893 en 1894, zoodat op Brückner's regel, voor enkele gevallen althans, geen staat kan worden gemaakt. Omtrent den oorsprong van deze periode is tot heden geen aannemelijke onderstelling te berde gebracht.

Een ander verschijnsel; dat van de vlekken waargenomen op de zon, die, zij het ook op vrij onregelmatige wijze, volgens eene duidelijke periode van ruim elf jaren optreden, zou meerdere aanspraken op bruikbaarheid kunnen maken, al ware het alleen omdat de zooveel kortere periode eene nauwkeurige toetsing aan de feiten toelaat.

Inderdaad hebben Köppen en Nordmann ieder uit verschillende reeksen van waarnemingen aangetoond, dat in tropische streken de kromme lijn van de jaarlijksche luchttemperatuur vrijwel met die van de zonnevlekken-frequentie overeenstemt. Een groot aantal vlekken

correspondeert dan met een betrekkelijk lage, een klein getal vlekken met een hooge temperatuur. Het verschil bedraagt ongeveer 0.4° C.; voor plaatsen op hoogere breedten schijnt zulk een verband niet te bestaan of is althans (behalve in Amerika) niet met eenige zekerheid aan te toonen.

Daar de zonnestraling volgens directe metingen krachtiger is gedurende de periode van vele vlekken, dan wanneer de zonsoppervlakte in rust verkeert, is dit resultaat het tegengestelde van hetgeen men verwachten zou.

Deze tegenspraak wordt verklaard door de meer overvloedige toevloeiing van lucht uit koudere streken bij intensievere bestraling der equatoriale gebieden en de daarmede gepaard gaande, sterkere stijging der luchtmassa's.

Indien men de ruim 40-jarige reeks van temperatuurwaarnemingen, te Batavia verricht, graphisch voorstelt en daarnevens de kromme lijn van de zonnevlekken-frequentie teekent, dan blijkt, dat *over het algemeen* de lijnen inderdaad een tegengesteld verloop hebben; maar indien men de vraag stelt: gegeven het aantal zonnevlekken, welke afwijking moet de temperatuur vertoonen, dan blijkt de trefkans gering, veel geringer dan die voor de weervoorspelling op korten termijn in Nederland, die voor regen, temperatuur en wind 75 tot 80 % bedraagt, en voor stormen op ruim 90 % kan worden gesteld. Zoo b.v. kan het aantal zonnevlekken voor het jaar 1880 worden voorgesteld door het getal 32, dat voor 1897 door 26, terwijl in het eerste geval de afwijking van de temperatuur was —0.32° C. en in het tweede geval + 0.54° C.

Uit de boven gegeven beschrijving van het klimaat zal het den lezer duidelijk geworden zijn, dat, met uitzondering van Noord- en West-Sumatra, de invloed van Australië zich in de eerste plaats doet gelden, zoodat het rationeel is de grondslagen voor eene toekomstige weervoorspelling te zoeken in mogelijke wisselwerking tusschen Australië en de Indische eilanden.

In den laatsten tijd (1910 en 1911) heeft Dr. BRAAK in deze richting onderzoekingen gedaan, die berusten op de volgende goed geconstateerde feiten:

1°. dat over geheel Nederlandsch Indië en Noord-Australië de barometerstand en de luchttemperatuur aan periodieke schommelingen

zijn onderworpen, die zich telkens na ongeveer 3 jaren herhalen;

2°. dat de grootte van deze schommelingen grooter is boven Australië dan te Batavia, zoodat, bij hoogen barometerstand, de luchtdrukking hooger is bij Port-Darwin dan te Batavia, bij lagen barometerstand daarentegen lager. In het eerste geval zal dus de Oostmoesson door dezen invloed worden versterkt, de Westmoesson verzwakt; in het tweede geval wordt de Oostmoesson verzwakt, de Westmoesson versterkt;

3°. de barometerschommelingen gaan aan die van de luchttemperatuur vooraf met een tijdsverschil van ongeveer zes maanden, waardoor het misschien mogelijk zal zijn tot een bruikbare voorspelling te geraken;

4°. de driejarige periode treedt weinig duidelijk op als de frequentie der zonnevlekken het grootst is.

In hoeverre eene op deze grondslagen berustende voorspelling aan de eischen van bruikbaarheid zal kunnen voldoen, m. a. w. welk percentage van treffers het mogelijk zal zijn te bereiken, kan natuurlijk alleen door een langdurige toepassing, vergezeld van nader onderzoek van mogelijk nog niet in rekening gebrachte storende factoren, worden uitgemaakt.

DE BODEM

DOOR

DR. D. J. HISSINK.



INHOUD.

HOOFDSTUK IV.

HOOFDSTUK V.

Inleiding.

Uit een landbouwkundig oogpunt beschouwd is de bodem op te vatten als de woonplaats der planten. Overeenkomstig deze opvatting definieeren wij den bodem als een geheel van water, lucht en vaste deeltjes van verschillende grootte, hetwelk, voorzien van het noodige plantenvoedsel, als drager van eene plantenvegetatie dienen kan.

De bodemkunde of pedologie is de leer van de vorming, de vervorming en de eigenschappen van den bodem. Aan de eene zijde grenst deze zelfstandige wetenschap aan de geologie, aan de andere zijde aan de botanie, terwijl zij zich van beide en van de chemie, physica, bacteriologie als hulpwetenschappen bedient. De geologie omvat het doode gedeelte der aarde, de bodemkunde het levende omhulsel, dat door de zonne-energie, door het atmosferische water en door organismen voortdurend veranderd wordt. Terwijl de geoloog in het verweeren van de gesteenten een afstervingsproces ziet, is dit verschijnsel voor den bodemkundige de geboorte van een nieuw individu. De bodemkundige ziet den bodem leven en groeien en andere gestalten aannemen; hij leert hem kennen in zijn jeugd, vol rijkdom en kracht; hij ziet den bodem meer en meer veranderen en ouder worden, om eindelijk als elk leven, dat in zich bergt de kiem van den dood, af te sterven en tot zijn oorsprong te keeren. En dit sterven van den bodem is voor den geoloog de geboorte van een nieuw gesteente. Of anders gezegd: Wij zien bij het verweeren van de gesteenten het stabiele evenwicht verstoord; uit een toestand van rust ontstaat een toestand van voortdurende verandering, die echter — gehoorzamend aan de natuurwetten — steeds minder metastabiele evenwichten opzoekt, om ten slotte weer te eindigen in den stabielen kristallijnen toestand. De geoloog stelt, in wat wij zouden kunnen

noemen de *physiologie* van het gesteente, slechts matig belang; voor hem zijn de stabiele begin- en eindstadia hoofdzaak, voor den bodemkundige is het juist omgekeerd.

Om een goed inzicht te kunnen krijgen in de eigenschappen van den bodem en in de veranderingen, die deze voortdurend ondergaat, is het noodig te weten, hoe de bouwbare aarde gevormd is. Wij zullen derhalve achtereenvolgens behandelen de vorming en de vervormingen van den bodem, de eigenschappen en de samenstelling en de biologie van den bodem en daarop een overzicht van de samenstelling der voor de Europeesche cultures op Java en Deli gebruikte gronden, alsmede eene zeer beknopte beschrijving van het landschapsvoorkomen van de groote Soenda-eilanden laten volgen.

HOOFDSTUK I.

Vorming en vervorming van den bodem.

Wij onderscheiden naast het water in den bodem de anorganische, dat zijn de niet-verbrandbare bestanddeelen, die van de verweerde gesteenten afkomstig zijn en bij verhitting van den bodem achterblijven en de organische, dat zijn de verbrandbare bestanddeelen, die opgebouwd zijn uit de overblijfselen van het organische leven en gewoonlijk onder den verzamelnaam van humus worden samengevat. Achtereenvolgens zullen hier derhalve besproken moeten worden de verweering en de humusvorming.

§ 1. Verweering.

Aan de oppervlakte der aarde verweeren de gesteenten; physische en chemische invloeden en het organische leven verbreken hun samenhang en wijzigen hunne samenstelling, tengevolge waarvan ze ten slotte veranderd worden in fijnkorrelige agregaten, geschikt om eene plantenvegetatie te dragen.

Hoe de gesteenten, uit wier verweering bouwgronden ontstaan, oorspronkelijk gevormd zijn, kan hier geheel buiten beschouwing blijven; dit behoort tot het gebied der geologie. Wel dienen we een inzicht te hebben in de scheikundige samenstelling van deze gesteenten.

De gesteenten, die bijdragen tot den opbouw der bouwaarde, bestaan hoofdzakelijk uit kiezelzuur (SiO_2), aluminiumoxyd (Al_2O_3), yzeroxyd en -oxyduul (Fe_2O_3 en FeO), kalk (CaO), magnesia (MgO), kali (K_2O), natron (Na_2O) en water (H_2O) en bevatten bovendien geringe hoeveelheden phosphorzuur (P_2O_5) en zwavelzuur (SO_3). Het hoofdbestanddeel is wel het kiezelzuur, waarvan ongeveer van 40 tot 80 $^0/_0$ aanwezig is. Men onderscheidt gewoonlijk eene groep van

kiezelzuurrijke gesteenten met ± 60—80 % SiO_2 en kiezelzuurarme gesteenten met ± 40—60 % SiO_2.

Tot de eerste groep behooren o. a. graniet, gneis, glimmerschiefer. Graniet bestaat uit kwarts, glimmer en kaliveldspaat (orthoklaas); in gneis komt minder veldspaat voor; glimmerschiefer bevat geen veldspaat en bestaat alleen uit kwarts en glimmer en is derhalve het meest zure gesteente. Tot de tweede groep, die der kiezelzuurarme of basische gesteenten, behooren o. a. andesiet en basalt. Andesiet bevat oligoklaas en hoornblende of augiet; verder soms ook magneetijzer en kwarts. In basalt kan naast augiet, oligoklaas of leuciet voorkomen.

De bodem van Java bestaat voor verreweg het grootste gedeelte, ruw weg voor ongeveer 75 %, uit de verweeringsproducten van basische eruptiefgesteenten, vooral van andesiet en basalt, terwijl het overige deel, voor zoover het uit kalk- en mergelbanken bestaat, vroeger of later na het uitwasschen van de kalk hiertoe ook gerekend kan worden. Trouwens, hier en daar, bijv. in het Zuidelijke gedeelte van Pasoeroean, is de kalksteenoppervlakte reeds op de meeste plaatsen bedekt door een laterietachtigen grond, grootendeels een verweeringsproduct van den kalksteen. Slechts een drietal vulkanen op Java, de Goenoeng Ringgit, de Goenoeng Loeroes en de in Japara gelegen Goenoeng Moeriah, werpen een leucietbasalt uit.

Bij eene eruptie stoot de krater vulkanische asch, zand en steenen en lava uit. Vulkanische asch, zand en steenen vormen eene vrij losse massa, die al spoedig onder invloed van het water verhardt en in *tuf* overgaat. De uit den krater stroomende lava is een gedeeltelijk gesmolten mineraalmengsel, dat met oververhit water eene soort van brij vormt. Deze brij verkrijgt bij langzame afkoeling eene min of meer kristallijne structuur, vormt daarentegen bij snelle afkoeling amorfe massa's. Al naargelang deze snelle afkoeling al of niet onder gasontwikkeling plaats vindt, ontstaat het poreuze puimsteen of het glasachtige obsidiaan of peksteen. Als bijzonderheid moet hier nog worden medegedeeld, dat de vulkanen van Java in hoofdzaak asch, zand en fijn verdeelde producten uitwerpen en geen lava. Slechts van enkele vulkanen (den Lemongan, den Smeroe en den Goentoer) is het met zekerheid bekend, dat zij in historischen tijd echte lavastroomen hebben geleverd.

De voornaamste mineralen, die de hierboven genoemde gesteenten

opbouwen, hebben de volgende samenstelling. Kwarts is gekristalliseerd kiezelzuur (SiO_2). Leuciet is $K_2O\ Al_2O_3\ 4SiO_2$; kaliveldspaat of orthoklaas is $K_2O\ Al_2O_3\ 6SiO_2$; natronveldspaat of albiet $Na_2O\ Al_2O_3\ 6SiO_2$. De in de natuur voorkomende veldspaten bevatten gewoonlijk wisselende hoeveelheden kali en natron. Anorthiet is $CaO\ Al_2O_3\ 2SiO_2$. Anorthiet en albiet komen in verschillende mengingsverhoudingen voor, bijvoorbeeld in labrador, oligoklaas. Hoornblende en augiet zijn magnesium-calcium-ijzersilicaten met Al_2O_3 en Fe_2O_3. Kaliumglimmer of muscoviet is $K_2Al_3Si_3O_{12}$. In tabel I is opgenomen de procentische samenstelling van andesiet (van de vulkanen Merapi, Sawal (Cheribon) en Lawoe), van basalt (van de vulkanen Oengaran (Semarang), Slamat en Goentoer) en van de asch van den Merapi (volgens van LOOKEREN CAMPAGNE, Handelingen van het eerste Congres van het Algemeen Syndicaat van Suikerfabrikanten op Java, 1896), terwijl de analysen van de Kloetasch en de Djaranganasch aan MARR ontleend zijn, (*Archief*, 1907, 436).

TABEL I.

	ANDESIET.	BASALT.	ASCH van den Merapi.	ASCH van den Kloet.	Praehistorische asch van den Djarangan.
Kiezelzuur (SiO_2)........	55.1	50.9	56.7	56.4	61.6
Aluminiumoxyd (Al_2O_3) ..	17.2	17.6	} 26.3	18.5	16.3
IJzeroxyd...............	8.7	10.5		7.5	4.7
Mangaanoxydule..........	0.6	0.6	0.2	0.4	0.4
Calciumoxyd (CaO)......	8.5	10.0	7.6	10.3	2.8
Magnesiumoxyd (MgO)...	3.4	4.4	1.8	3.7	1.1
Kali (K_2O).............	1.5	1.5	2.1	0.7	3.1
Natron (Na_2O)..........	5.1	3.9	6.1	1.8	3.9
Phosphorzuur (P_2O_5).....	0.18	0.26	0.27	0.5	0.06
Vocht..................	0.5	0.4	—	0.2	2.65
Gloeiverlies.............	—	—	—	0.4	4.25

Uit de cijfers van de Merapi- en Kloetasch kan men zich eene voorstelling maken van wat de vulkanen aan het daglicht brengen. De praehistorische asch van den Djarangan vertoont door haar hoog gehalte aan chemisch gebonden water (gloeiverlies), zoomede door het lage kalkgehalte reeds eene sterke mate van verweering, waardoor ze in samenstelling dichter bij onzen bouwgrond staat; ze is gekenmerkt

door een opmerkelijk hoog gehalte aan alkaliën (K_2O en Na_2O).

Onder de bestanddeelen in deze gesteenten werden nog niet genoemd twee verbindingen, phosphorzuur en zwavelzuur, die in elken vruchtbaren bodem van nature voorkomen, zooals uit de samenstelling van in het wild bloeiende gewassen blijkt. Het phosphorzuur komt in nagenoeg alle gesteenten in zeer kleine hoeveelheden voor, gewoonlijk als apatiet, dat is gebonden aan kalk; zoo bevat graniet gemiddeld ongeveer 0,6 % P_2O_5; (voor de gesteenten van Java wordt naar Tabel I verwezen). En ook zwavel is in de meeste gesteenten aanwezig; ieder die den krater van een niet uitgebluschten vulkaan gezien heeft, weet, dat zwavel en zwavelverbindingen geregeld worden uitgestooten.

Met een enkel woord willen wij hier nog de aandacht vestigen op de kalkbergen, die mede de bron zijn voor een zeer belangrijk bodembestanddeel, nl. de kalk. Het is het bestanddeel, dat het gemakkelijkst bij de verweering, vooral door koolzuurhoudend water wordt uitgewasschen. Het water der rivieren is dan ook zeer rijk aan koolzure kalk, ongeveer 1 deel op 1000 deelen water; het water der zeeën bevat echter slechts zeer geringe hoeveelheden van dit bestanddeel. Door de werking vooral van dierlijke organismen wordt in de schalen en de skeletten dezer zeebewoners de kalk vastgelegd en in den loop der eeuwen reusachtige rotsen van koolzure kalk (soms met koolzure magnesia, dolomiet, vermengd) opgebouwd. Gelijktijdig echter met deze zeediertjes bezinken ook de door de rivieren aangevoerde klei- en zanddeeltjes, tengevolge waarvan de kalkafzettingen een wisselend gehalte aan zand, klei en koolzure kalk vertoonen. De op Java voorkomende kalkgebergten bevatten natuurlijk naast koolzure kalk andesiet en basalt. Volgens onderzoekingen van den lateren tijd spelen bacteriën, o.a. de door Drew onderzochte Bacterium calcis, bij de afzetting van zoogenaamde dichte kalksteenen in zee een groote rol. De kalkbergen dragen thans op hun beurt tot de bodemvorming bij. Ten slotte zij er nog op gewezen, dat ook talrijke der in de zee levende, van eene kalkschaal voorziene zeediertjes bij vloed op het strand geworpen worden en de bron zijn van de zoo waardevolle koolzure kalk onzer duinen en polders.

Aan de oppervlakte der aarde nu verweeren deze gesteenten, bij aanwezigheid van meer of minder water. De oorzaken der verweering zijn van physischen en van chemischen aard.



Fig. 3. Blok kalksteen, door plotselinge temperatuurswisseling gesprongen; in de spleten hebben zich hier en daar verschillende cactussoorten ontwikkeld.

Physische verweering. Onder den invloed van de warmte ondergaan alle lichamen eene volumeverandering, welke voor de verschillende lichamen verschillend is. Wel is deze verandering bij de gesteenten zeer klein, maar zij keert dagelijks terug en werkt vooral dáár, waar, zooals in de woestijn, het temperatuursverschil tusschen dag en nacht aanzienlijk is. (Zie fig. 3). Ook komen in de tropen dikwijls plotseling optredende temperatuursverschillen, van soms 30—40° Celsius, voor, wanneer de door de zon beschenen gesteenten aan eene regenbui worden blootgesteld. Er ontstaan dan door de verschillende uitzetting van de samenstellende mineralen scheuren en spleten, die tot de snelle vergruizing van de gesteenten bijdragen. Ook zeer lage temperatuur kan rotsen doen springen.

Van grootere beteekenis is de werking van het bevriezende water, die een gevolg is van de uitzetting, welke het water bij stolling ondergaat. Een geheel met water gevulde en gesloten flesch barst, wanneer het water in ijs overgaat; op dezelfde wijze doet het tusschen de spleten dringende water de gesteenten bij het bevriezen verbrokkelen. Natuurlijk komt dit proces alleen voor in streken, waar de temperatuur onder nul daalt.

Ten slotte kunnen de gesteenten door de kracht van het stroomende water, van de zich voortbewegende lava en van het gletscherijs fijn gewreven worden. Tengevolge van deze physische werkingen worden de gesteenten derhalve gemakkelijker voor de verdere verweering toegankelijk.

Chemische verweering. Onder hydrolyse of hydrolytische dissociatie wordt verstaan het uiteenvallen van een zout in base en zuur, onder opneming van water. Practisch komt hydrolyse alleen voor bij zouten met zwakke base of zwak zuur, tot welke laatste de silikaten behooren. Zuiver water kan derhalve reeds door hydrolyse oplossend werken en de chemische verweering is nu vooreerst toe te schrijven aan eene langzame oplossende werking van het water op de silikaten der gesteenten, waardoor deze gehydrolyseerd worden; er vormen zich hydrosols van kiezelzuur en aluminiumoxyd en bijaldien ijzerverbindingen in het silikaat aanwezig zijn, ook hydrosols van ijzeroxyde, terwijl de aanwezige basen (kalk, kali, enz.) gedeeltelijk in oplossing gaan.

In het algemeen gezegd is het humied gebied, het gebied van de scheikundige verweering, het gebied dus van de bodems, ontstaan door ontleding van het gesteente; het ariede gebied daarentegen het

gebied van de physische verweering, het gebied dus van de bodems, ontstaan door uiteenvallen, vergruizing van het gesteente.

Op het scheikundig verweeringsproces oefenen de temperatuur en de tijd, gedurende welken de hooge temperatuur heerscht, grooten invloed uit; onder 0° Celsius heeft deze verweering niet meer plaats.

Bij de verweering in de natuur is steeds koolzuur- en zuurstofhoudend water werkzaam, tengevolge waarvan talrijke bijprocessen optreden en de verweering sneller verloopt. Ook de aanwezigheid van humusstoffen beïnvloedt in hooge mate den gang van het verweeringsproces.

Niet alle gesteenten verweeren even snel. De basalten en andesieten verweeren gemakkelijker dan de zure gesteenten, als graniet. Nog sneller verweeren de amorfe glasmassa's en de puimsteenen. Ook het feit, dat de Indische vulkanen in hoofdzaak zand en asch uitwerpen en geen lava, werkt mede tot eene spoedige verweering. Dergelijke producten bieden door hun fijne verdeeling een ruim oppervlak aan de factoren, waardoor verweering en ontleding worden ingeleid.

De verschillende mineralen worden niet alle even gemakkelijk aangetast. Het veldspaat van een graniet kan tot een kaolienachtig lichaam verweerd zijn, waarin aanzienlijke lagen kwarts en glimmer voorkomen, twee mineralen, die veel trager en moeilijker verweeren dan het veldspaat. Zoo vond VAN CAPELLE in Drentsche keileem hier en daar opeenhoopingen van glimmerblaadjes en kwartskorrels, de overblijfsels van op de plaats uiteengevallen graniet. KRAMERS beschrijft een in een Javagrond voorkomend stuk voormalig andesiet, dat met behoud van zijn oorspronkelijken vorm tot eene weeke massa verweerd was, waarin verspreid kristallen van kwarts en veldspaten voorkwamen.

In een vochtig tropisch klimaat, als dat onzer koloniën, zijn derhalve alle oorzaken voor eene diepgaande, snelle verweering van de gesteenten aanwezig. Vocht, warmte en koolzuur zijn in hooge mate werkzaam, terwijl de bodem hoofdzakelijk is opgebouwd uit basische eruptiefgesteenten, die gemakkelijker verweeren dan zure. Omtrent de snelheid van het verweeringsproces op Java levert een onderzoek van PRINSEN GEERLIGS enkele gegevens, waaraan het volgende is ontleend. In een monster aan zee genomen slib, met totaal 0.993 % kali, steeg het gehalte aan in verdunde zuren oplosbare kali bij eene verweering, alleen door zon en lucht gedurende slechts drie maanden, van 0.414 % tot 0.917 %. Nagenoeg al de aanwezige kali was daarbij

in dien korten tijd in een voor de planten gemakkelijk opneembaren vorm overgegaan.

§ 2 Het vervoer van de verweeringsproducten.

In vlakke of zacht glooiende streken blijven de verweeringsproducten op het gesteente liggen, waaruit ze ontstaan zijn. Deze gronden worden oorspronkelijke of verweeringsgronden geheeten.

Daar, waar de rotsmassa's aan de oppervlakte treden, bestaat de bodem echter gewoonlijk uit hoogten en laagten, bergen en dalen. De werking nu van water, ijs enz. op de half verweerde rotsmassa's der berghellingen heeft veelal eene verplaatsing van de verweeringsproducten ten gevolge. Er kunnen zich daarbij nog verschillende gevallen voordoen, naargelang de helling meer of minder steil en de kracht van het vallende water meer of minder groot is. Nu eens wordt alles verplaatst, zoodat de rotsen steeds kaal blijven, niet met een bouwgrond bedekt worden; dan weer worden slechts de fijnere deelen met het water meegevoerd en blijven de rotsen toch bedekt, ofschoon met minder vruchtbaar puin dan in geval de helling gering is. Uit de weggevoerde verweeringsproducten worden elders bouwgronden gevormd. Zij bezinken nl. daar, waar het water tot rust komt of zijne stroomsnelheid geringer wordt; eerst de grootere stukken, het puin; dan de fijner verdeelde, het zand; en eindelijk de fijnere, het slib. Door schuring en wrijving van de verplaatste deelen over elkander en over den rotsachtigen bodem worden de verweering en de afronding niet weinig bevorderd. Op deze wijze ontstaat eene tweede groep van gronden, die men verplaatste zou kunnen noemen, maar die gewoonlijk afgespoelde of aangespoelde of aangeslibde gronden worden geheeten.

Het transport van de verweeringsproducten geschiedt door de kracht van het stroomende water of van zich voortbewegende ijsmassa's. De ijsmassa's voeren mee keien, grind, zand en leemig poeder en zetten deze bij het smelten af De aldus afgezette massa's, de zoogenaamde *moreenen*, vertoonen, overeenkomstig hunne vormingswijze, niet de minste laagsgewijze structuur. Ook bij het vervoer door water kan eene gelijktijdige afzetting van deeltjes van verschillende grootte plaats vinden, indien de snelheidsvermindering plotseling intreedt. Gewoonlijk is echter de snelheidsvermindering van het stroomende water vrij geleidelijk en bezinken de deeltjes naar gelang van hunne grootte. Waar

de stroom zeer sterk is, worden zelfs grovere deelen meegevoerd; de allerkleinste deeltjes bezinken eerst, waar de rivieren in meren overgaan of aan de mondingen (deltavorming). Hoe verder van zee, des te grover zijn de deelen; hoe dichter bij zee, des te meer kleine deeltjes treft men in het slib aan. Deze scheiding van het slib in grootere en kleinere deelen kan men ook zeer goed op sawah's waarnemen, daar, waar met slibhoudend water, afkomstig van hooger gelegen sawah's, wordt geïrrigeerd. Op een gegeven punt stroomt het water door eene opening in een „galangan" (dijkje) over het te irrigeeren veld. De stroomsnelheid neemt van deze opening af vrij regelmatig af en zoo ziet men eerst de grovere deeltjes zich afscheiden en hoe verder van de opening hoe fijner de deeltjes worden.

In vulkanische streken vindt na eene uitbarsting een ontzaglijk transport van door den vulkaan uitgeblazen producten plaats. Zoo deelt Junghuhn mede, dat bij de uitbarsting van den Goenoeng Idjen in 1817 deze zulk eene ontzettende hoeveelheid asch over de omringende landstreek uitstortte, dat de takken der boomen onder den last bezweken en bamboehuizen instortten, terwijl een modderstroom (water met vulkanische asch en zand) naar beneden stroomde, die rotsblokken met zich voerde, boomen ontwortelde en alles vernielde, wat hem in zijne vaart stuitte. Deze modderstroom vernietigde o.a. een uitgestrekt woud, waarvan geen spoor overbleef en overstroomde het geheele laagland. Een andere modderstroom deed de Kali Tikoes en de Kali Poetih tot een bergvloed aanzwellen, welke de ver verwijderde streken der Noordelijke strandvlakte overstroomde. Velden en dorpen werden onder water gezet, bruggen vernield, wegen doorgespoeld en onbruikbaar gemaakt, waterleidingen door modder en boomstammen verstopt, enz. Toen het water was weggezakt, bleef eene zóó groote hoeveelheid asch en modder op de velden liggen, dat aan geen beplanten van den bodem kon worden gedacht. Dat dit echter reeds twee jaar later geschieden kon, bewijst wel, hoe snel in de tropen de basische eruptiefgesteenten verweeren.

Om zich een beeld te vormen van de hoeveelheid asch en steenen, die bij één uitbarsting door een vulkaan soms worden uitgeworpen, zij hier vermeld, dat in 1894 de Galoengoeng 22 millioen M^3. asch en steenen uitblies; eene hoeveelheid, voldoende om 220.000 hectaren met eene laag van één cM. dikte te bedekken.

In Nederland zijn de omstandigheden nu zoo, dat de fijnste der door de rivieren aangevoerde deelen de meeste plantenvoedingsstoffen bevatten, derhalve het vruchtbaarste zijn; de grovere deelen, die verder van zee worden afgezet, zijn over het algemeen zandiger, dat wil zeggen rijker aan kwartsdeeltjes. Op Java echter, waar hoofdzakelijk basische eruptiefgesteenten het materiaal voor de bouwaarde leveren, kan dit geheel anders zijn, zooals uit het volgende blijkt. Bij het reeds vermelde onderzoek van Prinsen Geerligs werden drie monsters sawahslib verzameld, dat door dezelfde rivier was aangevoerd en waarvan één bezonken was op 20 paal afstand van zee, één op 10 paal en één dicht bij zee. In het eerste monster waren 40 % fijne deeltjes, zoogenaamde klei, aanwezig, in het tweede monster 75 % en in het laatste 81 %. Maar terwijl het eerste monster 2.5 % totaal kali bevatte, waarvan 1.4 % in verdund zuur oplosbaar, bedroegen deze cijfers voor de beide andere monsters respectievelijk 1.5 % (0.5 %) en 1 % (0.4 %). Dit is tevens een bewijs voor de snelheid, waarmede de verweering plaats grijpt. Reeds gedurende het verblijf in de rivier is dit slib dermate ontleed, dat de dubbelsilikaten van kali, natron, ijzeroxyd en aluinaarde, die den bergsteen uitmaken, uiteen zijn gevallen, de oplosbare kali- en natronverbindingen in het water zijn opgenomen, terwijl de minder oplosbare ijzer- en aluminiumsilikaten zich in het fijnste slib hebben opgehoopt. Het minst verweerde slib, dat het armste was aan kleibestanddeelen, was derhalve vruchtbaarder dan het fijnere, meer verweerde.

De hoeveelheid slib, die door de rivieren meegevoerd wordt, is uit den aard aan groote schommelingen onderhevig. Wanneer door het smelten van de ijsmassa's de rivieren tot breede snelvlietende stroomen aanzwellen, of wanneer tengevolge van de hevige regens de riviertjes op Java in den natten moesson in woeste bergstroomen herschapen worden (bandjir), zal veel slib worden meegevoerd. Nevenstaande afbeelding (fig. 4), overgenomen uit het *Jaarboek van het Departement van Landbouw in Nederlandsch-Indië* (1909), doet ons de verwoesting door de overstrooming van de Tjikakapa zien.

De rivieren van de tropen vervoeren meer en fijner slib dan die der gematigde luchtstreken. Een slibgehalte van 100 gram per M^3. is voor Europa vrij hoog; rivieren op Java vervoeren in gewone tijden van 300—900 gram per M^3. Bij bandjirs kan het slibgehalte volgens Mohr

klimmen tot boven de 10 KG. per M³., dat zijn alleen zwevende deelen, zand en steenen derhalve niet medegerekend. Eén bandjir kan soms meer dan 10.000 waggonladingen (van 10.000 KG.) aldus transporteeren. Het water van de grootste rivier in China, de bekende Jang-tse-Kiang, bevat gemiddeld 340 gram slib per M³. Aangezien de verplaatste hoeveelheid water bij hoog water in den benedenloop ongeveer 100.000 M³. per secunde bedraagt, wordt elke secunde 34.000 KG. slib in zee gebracht. Nemen we de helft daarvan als gemiddelde



Fig. 4. Verwoesting door de overstrooming der Tjikakapa.

aan, dan bedraagt de jaarlijksche slibaanvoer 530 millioen ton. Bij een soortelijk gewicht van 2,2 beteekent dit als inhoud 240 millioen M³., hetgeen dus voldoende is om een oppervlak van 240 KM². jaarlijks 1 M. op te hoogen.

Het slib der rivieren is eene zeer gewenschte gave; onwillekeurig worden de begrippen slib en vruchtbaar in gedachten steeds met elkander verbonden. Aanzienlijke hoeveelheden plantenvoedingsstoffen worden door het slib der rivieren jaarlijks aan den bodem toegevoegd.

Hierdoor wordt althans ten deele verklaard, waarom de voor de suikercultuur in gebruik zijnde Java-gronden, niettegenstaande hun soms laag gehalte aan phosphorzuur (P_2O_5) en kali (K_2O), toch in vele gevallen schijnbaar niet dankbaar zijn voor eene bemesting met deze bestanddeelen. Een rietoogst van 1000 picol onttrekt per bouw ongeveer 190 KG. stikstof, 76.8 KG. kali en 17.5 KG. phosphorzuur aan den grond. Er kunnen zich nu gevallen voordoen, waarbij het sawahslib meer kali en phosphorzuur aanvoert dan er dòor de gezamelijke oogsten (riet en rijst) wordt weggevoerd. En dan blijven de met het sawahwater in oplossing aangevoerde stoffen nog buiten beschouwing.

Niet alle slib is echter vruchtbaarmakend. Zoo werden indertijd klachten geuit over het verschijnsel, dat het slib van sommige rivieren in het stroomgebied der Serajoe (Java), met het irrigatiewater op de sawah's gebracht, deze bederft, in plaats van de vruchtbaarheid te verhoogen. MOHR behandelt deze kwestie uitvoerig in zijn onderzoek naar het slibbezwaar van eenige rivieren in het Serajoedal. Hem bleek, dat in het bijzonder die rivieren in een kwaad boekje stonden, welke eene groote hoeveelheid wit slib afvoerden. Dit slib ter plaatse „*wadas simping*" (wadas = harde laag, simping = oesterschelp) geheeten, ontleent zijn naam aan het glanzige oppervlak, hetwelk het slibhuidje vertoont, wanneer op de sawah's of ergens langs den rivieroever een plas van dit slibwater uitdroogt. Het water ontleent zijne eigenaardige witte kleur aan het uiterst fijne kwartszand, waarvan de korrels slechts 0.1—0.01 mM., ja voor een groot deel niet meer dan van 0.005—0.001 mM. groot zijn. Schadelijke bestanddeelen in chemischen zin, als plantenvergiften, bevat dit slib niet; het is ook even rijk als andere slibsoorten aldaar aan plantenvoedende bestanddeelen. De schadelijke werking van het witte slib is uitsluitend van physischen aard en komt geheel neer op de afsluiting van de bodemoppervlakte bij het indrogen. MOHR meent, dat de schadelijke werking van het grijze slib door eene doelmatige grondbewerking niet alleen opgeheven, maar zelfs in gunstigen zin kan worden veranderd.

Behalve door ijs en water kan het vervoer der verweeringsproducten ook door den wind geschieden. Voorbeelden van bodemvorming door wind leveren onze *zeeduinen* en *zandstuivingen*. Tot de aeolische vormingen (van aeolus = wind) moet volgens de tegenwoordige opvattingen ook de *loess* gerekend worden. Loessvorming vindt men in

de nabijheid van aan plantendek arme streken. In Europa is de loess ontstaan gedurende de diluviale smeltperiode, toen het na het afsmelten van het ijs blootkomende verweeringsmateriaal (keien, grind, zand enz.) nog geen plantendek droeg en vrij spel aan de heerschende winden bood. In China kan nog thans deze loessvorming gevolgd worden.

Windafzettingen komen op de eilanden van onzen Archipel weinig of niet voor. In vergelijking met de gematigde luchtstreek schijnt hier het droog geworden zeezand spoediger door kruipende gewassen te worden vastgelegd en ook de geringere kracht van de heerschende winden schijnt voor duinvorming niet gunstig te zijn. Aan de Zuid- en Oostkust van Java vindt eenige duinvorming plaats; de duinen bereiken echter nergens meer dan 35 Meter hoogte. Ook op Sumatra's Oostkust bij Perbaongon (Serdang) treft men een zandig strand, begroeid met tjemara's aan, als aangename afwisseling tusschen de modderige mangrovewouden.

In streken met veel vulkanen, zooals Java, oefent de vulkanische asch een grooten invloed op de bodemvorming uit. MOHR stelt voor, alle door vulkanen uitgeblazen stoffen, als vulkanische asch, zand, steenen en blokken „*efflata*" en de gronden eruit ontstaan „*efflatagronden*" te noemen.

§ 3. HUMUSVORMING.

De plantengroei draagt in hooge mate bij tot de vorming en ook tot de vervorming van elken bouwgrond. Jaarlijks worden groote hoeveelheden overblijfselen van planten in of op den bodem gebracht. Men denke slechts aan den bladval op den grond in de bosschen, welke bijv. in een beukebosch omstreeks 4000 kilo luchtdroge stof per hectare bedragen kan.

Deze plantenresten bestaan in hoofdzaak uit organische bestanddeelen. Op de chemische samenstelling kan hier niet nader worden ingegaan; genoeg zij te weten, dat hoofdzakelijk voorkomen de celstof, de kurkstof, de houtstof, het pentosaan en verder het planteneiwit, welke lichamen bestaan uit waterstof (H), zuurstof (O) en koolstof (C) en ook stikstof (N) bevatten, die afkomstig is van het planteneiwit, dat door afsterven van het levende protoplasma ontstaat.

Wat geschiedt er nu in den bodem met deze plantenoverblijfselen, met de wortels van afgestorven planten, met vallende bladen en takken;

welke vervormingen ondergaan ze en welke tusschen- en eindproducten vormen zich daarbij?

Er bestaan in de bouwaarde op onderscheidene plaatsen altoos twee aan elkander tegenovergestelde werkingen, oxydatie en reductie; oxydatie, dat is opname van zuurstof, daar waar de lucht kan toetreden en reductie, dat is verlies van zuurstof, daar waar de lucht geen vrije werking meer heeft, dus op eenigszins dieper gelegen plaatsen of bij een meer compacten toestand van den grond of bij ruimer vochtigheid.

Het oxydatieproces in den bouwgrond, dat bekend is onder den naam van vergaan en vermolmen, is voor verreweg het grootste gedeelte de uiting van de ademhaling der in den grond levende microben, die evenals de hoogere wezens, zuurstof opnemen en koolzuur aan de omgeving afstaan. Louter chemische processen treden zoo goed als geheel op den achtergrond. Om tot vermenigvuldiging te komen moeten de meeste microben van den grond met dezelfde minerale stoffen gevoed worden als de hoogere planten, maar zij vereischen bovendien een organische stof als koolstofbron en gebruiken daarvoor de bovengenoemde plantenoverblijfselen. De eindproducten van het vermolmingsproces zijn derhalve koolzuur (CO_2) en water (H_2O) (zie ook blz. 120), de „mineralisatie” der organische stoffen).

Tegenover het vermolmingsproces staat het rottingsproces, dat is het uiteenvallen van samengestelde koolstofverbindingen in eenvoudiger lichamen. Dit kan geschieden door bovenbeschreven aerobe organismen onder toetreding van lucht en het is zelfs zeer waarschijnlijk, dat bij het levensproces van alle aerobe organismen vermolmings- en rottingsprocessen naast elkander verloopen. Maar het rottingsproces kan ook geschieden door anaerobe organismen, die de samengestelde koolstofverbindingen bij afwezigheid van luchtzuurstof afbreken en de zuurstof van deze koolstofverbindingen zelve voor hun levensproces gebruiken. Zoo ontleden anaerobe bacteriën de celstof, deze uit een chemisch oogpunt zoo bestendige verbinding, in koolzuur, azijnzuur, boterzuur en waterstof of koolzuur en moerasgas. In de organische plantenresten is echter niet voldoende zuurstof aanwezig om alle voorhanden koolstof en waterstof te oxydeeren, zoodat ook zuurstofvrije, organische resten achterblijven. Ook chemische processen spelen een rol bij het rottingsproces, waarschijnlijk neerkomende op eene afsplitsing van water (H_2O), tengevolge waarvan bijv celstof ($C_6H_{10}O_5$) ten slotte overgaat in koolstof (C).

Het is dus duidelijk, waarom juist bij slechte toetreding van lucht of in nog hoogere mate bij afwezigheid van lucht de organische plantenoverblijfselen zich ophoopen en ten slotte tot veenvorming aanleiding geven. Ook bij toetreding van lucht, dus onder aerobe omstandigheden, kunnen de organische resten zich ophoopen, wanneer door lage temperatuur, gebrek aan water of aan minerale voedingsstoffen de aerobe bacteriën zich slecht ontwikkelen. Een mooi voorbeeld hiervan is de bekende „zwarte aarde" uit Rusland. Gezien het hooge humusgehalte (van 2 tot 16 $^0/_0$), moeten de factoren voor de ontleding van de humusstoffen hier zeer ongunstig zijn. Twee oorzaken vooral werken deze ontleding tegen, nl. strenge winter en droge zomer. Alleen in lente en herfst heeft eene omzetting van humusstoffen plaats.

In den bodem vinden we nu de producten van deze beide processen (vergaan en verrotten), datgene, wat we gewoonlijk „*humus*" noemen. Bij nader onderzoek blijkt de „humus" stoffen te bevatten, die ook in de oorspronkelijke plantenmassa aanwezig zijn, als celstof, pentosaan; doch tevens komen er in voor donker gekleurde stoffen, die met den naam van „*humusstoffen*" bestempeld worden en wier ontstaan nog lang niet voldoende is opgehelderd. Volgens BEIJERINCK (*Landbouwk. Tijdschrift*, 1904) wordt de celstof en ook de oplosbare inhoudstoffen der cellen, zooals suikers, organische zuren en zouten en ook het zetmeel, in den grond gemakkelijk door de bodemorganismen ontleed; deze stoffen kunnen derhalve niet het uitgangspunt voor het ontstaan van de humusstoffen zijn. Het hout, waartoe ook de bladnetten uit de nerven der bladen en de houtbundels van kruidachtige stengels en wortels behooren, vergaat in en buiten den grond uiterst langzaam, omdat het door slechts weinig microben wordt aangetast. Myceliumdraden van verschillende houtbewonende champignons (schimmels) verwijderen nu uit de wanden van de houtvezels en de houtvaten de celstof en laten de houtstof, waarmede zij zich niet voeden kunnen, achter, welke dan later, naar het schijnt door chemische invloeden alleen, in humus verandert. Het staat derhalve volgens BEIJERINCK vast, dat het hoofddeel van den humus in het bijzonder van het hout afkomstig moet zijn. Het is natuurlijk niet onmogelijk, dat dit proces in de tropen iets anders verloopt.

Kan nu in den bodem de lucht goed doordringen, dan worden ook de humusstoffen ten slotte ontleed; er heeft geen ophooping van humus

plaats. Ook de temperatuur is hier van grooten invloed. In het zonnige, heete klimaat wordt de van de planten afkomstige organische stof veel sneller verteerd, zelfs in verhouding tot de veel grootere aanvulling door nieuwen plantenafval, dan in een minder warm klimaat het geval is. Dienovereenkomstig constateerde VAN LOOKEREN CAMPAGNE bij een onderzoek van verschillende Java-gronden in de hoogst gelegen gronden een hooger humusgehalte dan in de lager gelegene. Zelfs zal in een heet klimaat met veel regenval humusvorming zich wel voornamelijk tot boschgrond beperken. Humus nu heeft een groot bindend vermogen voor basen en gaat dienovereenkomstig de uitwassching van den bodem tegen. Bovendien geeft een bosch minder zakwater dan het vrije veld (zie ook blz. 131) en er spoelt ook minder mechanisch van den bodem weg. Alles redenen om vooral in het nat-tropische klimaat, waar de verweering toch al zoo snel verloopt, den bodem, vooral op hellingen, door bosch tegen uitwassching en afspoeling te beschermen.

Toch vormt zich in heet-natte luchtstreken zelfs onder bosch niet altijd humus; bijv. in zandige gronden, waar de lucht goed kan indringen. Ter nadere toelichting zij het vergund het volgende aan VAN BIJLERT (Handelingen van het zesde congres van het Algemeen Syndicaat van Suikerfabrikanten op Java, gehouden Maart 1903, blz. 36) te ontleenen:

„Velen Uwer zullen zich ongetwijfeld een juist denkbeeld kunnen vormen, wat oerboschgrond is en alleen de aanwezigheid van een dicht en ondoordringbaar woud zal voor de meesten reeds aanleiding genoeg zijn tot het besluit, dat daaronder ook een losse, vochthoudende grond, vooral rijk aan organische resten, rijk aan humus, zal worden aangetroffen; in één woord, een grond van groote waarde voor de cultuur.

Toch moet men, in de tropen althans, alleen met de wetenschap, dat er in een streek een oerbosch aangetroffen wordt, voorzichtig zijn om er dadelijk uit de concludeeren, dat, wanneer dat bosch nu maar eenmaal gekapt is, men als vanzelf sprekend een humusrijken oerboschgrond, voor de cultuur geschikt, achterhoudt.

Een karakteristiek voorbeeld van het tegendeel werd mij uit eigen ervaring bekend in een der landstreken van Sumatra's Oostkust, waar de grond met een zwaar, bijna ondoordringbaar bosch bedekt was en toch bij nader onderzoek in het geheel niet gekenmerkt

bleek door humusrijkdom, noch door de welbekende eigenschappen, die daarmede gewoonlijk gepaard gaan.

De oorzaak van dit opvallende verschijnsel kwam voor den dag, naarmate de nadere bijzonderheden van het terrein en van den grond bekend werden. Deze waren in het kort de volgende:

De plaats, waar dit oerbosch zich bevond, maakte deel uit van een uitgestrekt terrein, dat eene rivier op haar weg door een heuvelreeks vlak uitgespreid had en waar zoowel het materiaal, waaruit die heuvels bestonden, als het van boven medegevoerde zand, naarmate de stroomsnelheid afnam, was bezonken onder vorming van die groote vlakte. Naar gelang de rivier hare bedding verlegde, en het terrein daardoor voor plantengroei geschikt werd, is het geleidelijk met een dicht oerbosch bedekt; de groei van dit bosch werd in hooge mate bevorderd door de losse geaardheid van den grond, door de aanwezigheid van voldoende water en door de tropische hitte. Doch dit alles maakte ook, dat de afgevallen bladeren, de resten van doode planten, in één woord het materiaal, dat hoofdzakelijk tot humusvermeerdering en humusvorming aanleiding geeft, zich voor dat doel in zeer ongunstige omstandigheden bevond. Want de genoemde factoren veroorzaakten evenzoo eene buitengewoon krachtige ontwikkeling van schimmels en andere mikro-organismen, die de organische resten aantastten en omzetten, zoodat het verbruik hiervan door die kleine wezens nagenoeg gelijken tred hield met den toevoer van de levende plant. Vooral de gemakkelijke toetreding van de lucht, of wil men van de zuurstof eruit, in dien lossen zandgrond, bevorderde het verloop dier omzettingsprocessen op krachtige wijze en zoodoende kon er van de vorming van een humusrijken oerboschgrond geen sprake zijn.

Na verwijdering van de bovenste laag versch gevallen bladeren en andere plantenresten, vertoonde de bovengrond slechts tot op eene diepte van enkele cM. het eigenaardige voorkomen van boschgrond en was daar beneden alles van lichtgele kleur. Ten overvloede werd door een speciaal daaromtrent ingesteld onderzoek ook be vestigd, dat de hoeveelheid humus slechts gering was.

De hoeveelheid humus bedroeg slechts 1,7 %, tegenover 7,6 5,6 en 4,8 % in anderen boschgrond uit dezelfde landstreek".

Verschillende vormen van humus.

a. Verzadigde en onverzadigde humus (milde en zure humus (rohhumus). Humus bezit een zeer groot vermogen om basen te binden. Er is in de wetenschappelijke wereld een strijd gaande over de vraag of deze binding moet worden opgevat als de gewone binding van zuur en base of als eene soort van absorptieverbinding in den zin van van Bemmelen (zie § 7). Zonder daarmede een bepaald standpunt in dezen strijd te willen innemen, zullen wij hier spreken van het absorptievermogen van den humus voor basen en van de door den humus absorptief gebonden basen.

Het zal nu van allerlei omstandigheden afhangen of de humus in een bodem rijk of arm aan basen is. Hoe meer de humus ontleed wordt, des te minder basen (kalk, magnesia, kali, natron) zijn er noodig, om den op een bepaald oppervlak gevormden humus met basen te verzadigen; des te geringer is dus de kans, dat zich humus vormt, die arm aan basen is. Bij ophooping van zeer groote massa's humus is de kans evenwel groot, dat in den bodem niet voldoende basen aanwezig zullen zijn, om deze groote hoeveelheid humus te verzadigen. Er ontstaat humus, arm aan basen. Alleen wanneer de bodem zeer rijk aan basen is, kan zich bij groote ophooping van humus toch een aan basen rijken humus vormen. Een voorbeeld hiervan is de Alpenhumus, voorkomende op de kalkafzettingen.

Kunnen de aërobe bacteriën hunne taak goed vervullen en de gevormde humus ontleden, dan is in normale bodems eene voldoende hoeveelheid basen aanwezig, om een humus te vormen, die voldoende van basen voorzien is.

Zooals uit het bovenstaande volgt, kan men niet bepaald twee soorten van humus, verzadigden en onverzadigden humus onderscheiden, maar zijn er oneindig veel overgangsvormen van den volkomen verzadigden tot den absoluut onverzadigden humus, die geen basen meer gebonden houdt. Toch worden voor het gemak de benamingen verzadigde of milde humus en onverzadigde of zure humus ingevoerd.

Verschillend gedrag van beide humusvormen. In chemisch opzicht treden er zeer merkwaardige verschillen tusschen de aan basen rijken en de aan basen armen humus voor den dag. De verzadigde humus is een neutraal reageerend lichaam, dat wel water in groote hoeveelheden

opneemt, maar niet in water oplosbaar is. De verzadigde humus is rijk aan basen; in aanraking met andere basen gebracht, heeft er uitwisseling plaats.

De onverzadigde humus is wel in water oplosbaar en wel des te meer, naarmate hij minder verzadigd is. Hij vormt evenwel met water geen echte oplossing, doch eene kolloide oplossing, een zoogenaamde humussol dus, die donker gekleurd is. Deze humussolen nu bezitten zeer merkwaardige eigenschappen. Zij werken op allerlei verbindingen van den bodem in. Zij lossen bijv. de ijzer- en aluminiumverbindingen en ook het silikatisch gebonden kiezelzuur uit den bodem op. Er vormen zich wel is waar geen echte oplossingen van deze ijzer-, aluminium- en kiezelzuurverbindingen, maar de humussolen brengen deze verbindingen in kolloide oplossing (Schutzkolloid). Hoe dit alles in zijn werk gaat, moet hier verder buiten bespreking blijven. Het is voldoende te weten, dat de onverzadigde humusstoffen in water oplosbaar zijn en dat deze oplossing op haar beurt weer tal van bodembestanddeelen (basen, phosphorzuur, ijzer, aluminium, kiezelzuur) in beweging zet.

Beide vormen van humus in de natuur. Men kan de verschillende humusvormingen het beste in boschgronden bestudeeren. Ten eerste kan het strooiseldek (Streudecke) weinig diep zijn en bestaan uit los naast elkander liggende takjes en bladeren, waaronder zich een losse, kruimelige, min of meer humusrijke bovengrond bevindt, die geleidelijk in den humusarmen ondergrond overgaat. Dit is het beeld van den gezonden boschgrond.

Men kan echter ook een dikwijls zeer diepe, samenhangende strooisellaag (Streuschicht) aantreffen, waaronder een compacte humuslaag, die scherp tegen den humusarmen ondergrond afsteekt.

De vorming van gezonden humus heeft plaats bij voldoende toetreding van lucht en gunstige levensvoorwaarden voor de medewerkende organismen. Op door microben bewerkte oxydatie en reductie in juist evenwicht berust de vorming van den milden humus in bosch en veld. Overheerscht de oxydatie al te zeer, dan kan deze humus gedeeltelijk verloren gaan. Verkrijgt echter de reductie de overhand, zijn derhalve de omstandigheden voor het vergaan van de plantenresten ongunstig, dan hoopt het organische zich op en ontstaat zure humus. Karakteristiek voor den zuren humus is de draderige, weinig aardachtige structuur van de humuslaag. Het zijn derhalve vooral de

draadschimmels, die bij de zure humusvorming werkzaam zijn. Niet alleen in een bosch, ook op de heide kan zich zure humus vormen; de zode of plag vertoont dan eene zeer dichte structuur en is zeer taai, tengevolge van het weefsel, dat donkerbruin gekleurde schimmeldraden met de doode en levende wortels der heideplanten vormen. Deze draadschimmels ontwikkelen zich welig in zure gronden; ze naaien de afgevallen bladen en takjes met de doode wortels tot een dicht kleed samen, dat de lucht verder afsluit.

Op de vorming van zuren humus is ook de plantensoort van zeer veel invloed. De beuk vormt eerder zuren humus dan de eik; heide (Calluna en Erica) geeft een zeer dichten zuren humus. Vooral in beukebosschen komt dikwerf droogveen in groote samenhangende lagen voor. De spar daarentegen vormt geen groote hoeveelheden onverzadigden humus, misschien omdat de humus van de spar rijk is aan was- en harsachtige lichamen.

In hoe korten tijd zich onder gunstige omstandigheden zure humus vormen kan, beschrijft RAMANN van een beukenbosch bij Haarlem, waar zich in ongeveer 70 jaar eene laag zure humus van 10—15 cM. gevormd heeft.

b. Veenvorming. Indien de ophooping van de plantenresten ongestoord haar gang kan gaan, vormt zich veen (laagveen, moerasveen, hoogveen). Men is langen tijd de meening toegedaan geweest, dat in de tropen geen veenvorming plaats zou vinden. Toch komen op de groote Soenda-eilanden zonder eenigen twijfel veenformaties voor. Reeds VAN BIJLERT beschouwde in 1896 de aan de Deli-kust voorkomende paja's als laagveenvorming. Voor eene uitvoerige beschrijving van deze veenvorming zij verwezen naar MOHR (Ueber Moorbildungen in den Tropen van Dr. E. C. JUL. MOHR, Bulletin du Département de l' Agriculture des Indes Néerlandaises, 1908, XVII; zie verder de afbeelding van eene paja, in Hoofdstuk V, blz. 142).

§ 4. GANG VAN HET BODEMVORMINGS- EN VERVORMINGSPROCES.

Humied en aried klimaat. Van groote beteekenis voor den gang van het geheele bodemvormingsproces en voor de daarbij ontstane producten is het klimaat, vooral wat de temperatuur en de vochtigheid betreft. Uit een bodemkundig oogpunt onderscheidt men humiede en ariede gebieden. Streken, waar de regenval de verdamping overtreft,

noemt men humied en streken, waar de regenval minder is dan de verdamping, aried. Stelt men neerslag en verdamping respectievelijk voor door de letters N en V, dan krijgt men het volgende schema:

N grooter dan V		N = V	N kleiner dan V	
volhumied	half humied	grens	halfaried	volaried

In de koude luchtstreken is het klimaat tengevolge van de geringe verdamping gewoonlijk humied, niettegenstaande de neerslag klein is. Ons land heeft een humied klimaat. In de tropen moet de jaarlijksche neerslag al zeer groot zijn, 2000 mM. en meer, voor dat het klimaat humied wordt. Hier dient echter niet uit het oog te worden verloren, het groote verschil tusschen de hooger gelegene, koele, regenrijke bergstreken en de lage kuststreken. VAN BEMMELEN JR. vermeldt in zijn werk „Over den regenval op Java" voor eenige op de Z. O. helling van den Wilis vrijwel boven elkander gelegen regenstations de volgende cijfers:

TABEL II.

PLAATS.	Hoogte.	Regendagen.	Regenval.
Soemberredjo	1200 M.	190 d.	5681 mM.
Pakem	750 „	195 „	4489 „
Sendang	570 „	127 „	2510 „
Toegoe	320 „	118 „	1878 „
Ngrendeng	100 „	93 „	1525 „
Madjapanggoeng	90 „	87 „	1458 „
Bedowaloeh	80 „	77 „	1382 „

Uit den aard der zaak is de verdeeling van den regen van veel invloed. Zoo kan gedurende een gedeelte van het jaar de regenval de verdamping overtreffen, terwijl gedurende het overige deel van het jaar het omgekeerde het geval is. Sprekende cijfers levert wederom het genoemde werk van VAN BEMMELEN JR.; voor de omstreken van Pasoeroean—Probolinggo vermeldt het bijvoorbeeld voor het droge halfjaar ongeveer 20—30 regendagen met 200—500 mM., voor het natte halfjaar 80—110 regendagen met 1400—2500 mM. regen; waarbij nog bedacht moet worden, dat in den warmen drogen moesson de verdamping aanzienlijk meer is dan in den koeleren, natten moesson.

In tijden, waarin de neerslag de verdamping overtreft, zakt een gedeelte van het water in de half verweerde massa's of in den bodem:

er ontstaat eene neerdalende waterbeweging. Is de regenval steeds minder dan de verdamping, dan zakt er van den regen wel eerst een gedeelte den bodem in, om echter korten tijd daarna weer naar boven te diffundeeren en te verdampen: het gevolg is eene opstijgende waterbeweging.

Met het water mee gaan de daarin opgeloste verbindingen. Men krijgt derhalve in een humied klimaat eene oplossing van bestanddeelen in den bovengrond, met transport daarvan naar de diepte en eventueel gedeeltelijke afzetting van het opgeloste in dieper gelegen lagen; dit is een uitwasschingsproces, dat den bodem verarmt. Omgekeerd brengt de stijgende waterstroom verschillende verbindingen naar boven en zet deze bij verdamping in de bovenlaag af; er heeft plaats eene verrijking van den bodem.

Typische ariede gebieden treft men aan bijv. in Californië, waar heele woestijnen voorkomen, zóó met zouten bezwangerd (alkali-soils) dat er geen plant in groeien kan en die slechts op irrigatie wachten om in bloeiende landstreken herschapen te worden. Ook op Java geven West-Java met zijne vele regens aan den eenen kant en de kuststreken van Midden- en Oost-Java aan den anderen kant het verschil tusschen een uitgesproken humied klimaat en een op de grens tusschen humied en aried staand gebied, althans eenigermate, te zien.

Zelfs in den drogen moesson constateerde Mohr in Buitenzorg steeds eenige bodemuitwassching, terwijl in het Midden en Oosten van Java in dien tijd een aanzienlijke opwaartsche beweging van de bodemoplossing plaats vindt; zoodanig, dat bij groote hitte een wit beslag van uitgezweete kiezelzure en andere verbindingen aan de bodemoppervlakte verschijnt. Zelfs treft men in den Oosthoek van Java plekken aan, waar de bodem grootendeels uit vergruisd gesteente bestaat, zonder veel verdere verweering. Juist wanneer dergelijke gronden door irrigatie voor de cultuur geschikt worden, kan blijken, hoe snel de verweering in een tropisch klimaat bij aanwezigheid van voldoende water plaats vindt. In betrekkelijk weinige jaren kan dan uit dit vergruisde, gedeeltelijk verweerde gesteente een vrij taaie kleigrond ontstaan.

Ook in een gematigd klimaat beweegt zich in den zomer bij het uitblijven van de regens een waterstroom van de diepere lagen naar de bouwkruin, opgeloste zouten met zich meevoerende. Dit kon goed geconstateerd worden, toen in den zomer van het jaar 1906 het

gehalte aan keukenzout op verschillende diepten bepaald werd in enkele Zeeuwsche polders, die in Maart van dat jaar door zeewater waren overstroomd. Bij langdurige droogte steeg het gehalte aan keukenzout ($NaCl$) in de bouwkruin aanmerkelijk, terwijl in de dieper gelegen lagen het gehalte daaraan daalde; reeds enkele flinke regenbuien spoelden dit zeer bewegelijke bodembestanddeel voor een groot deel weer naar de diepte terug. Hetzelfde verschijnsel is soms op Java in sommige suikerriettuinen waargenomen, waar chlorieden in den ondergrond aanwezig waren.

Verschillende wijzen van verweering. Wij beperken ons hier tot de bespreking van den gang der verweering in gebieden, die over het geheele jaar genomen humied zijn, laten derhalve de typische ariede bodemvorming, welke boven met een enkel woord aangeduid werd, geheel buiten beschouwing. Veel over den loop van het verweeringsproces is nog onbekend en verschillend zijn de meeningen. Wij doen hier slechts enkele grepen en wenschen te beginnen met het bodemvormingsproces, dat zich afspeelt in een heet en volhumied klimaat, zooals dat bijv. in Buitenzorg heerscht.

Lateritische verweering. De omstandigheden zijn hier uitermate gunstig voor eene zeer groote humusvorming, waarmede echter de humusontleding gelijken tred houdt, zoodat zich in den bodem eene aanzienlijke hoeveelheid koolzuur vormt. Reductieprocessen zijn, zoolang de bodem niet moerassig wordt, geen „Versumpfung" intreedt, zoolang dus het water voldoende diep kan wegzakken, buitengesloten, zoodat de zuurstof van de lucht hare oxydeerende werking steeds kan uitoefenen. Daarbij komt, dat we ons bevinden in een uitgesproken volhumied klimaat. De bouwkruin wordt dus het geheele jaar door bij vrij hooge temperatuur uitgeloogd door een stroom water, dat rijk is aan zuurstof en koolzuur en waarin humusstoffen niet voorkomen. In dit water lossen nu betrekkelijk aanzienlijke hoeveelheden basen en silikatisch gebonden kiezelzuur op, doch practisch geen aluminiumoxyd. Ook ferrizouten worden door het zuurstof- en koolzuur houdende water niet aangetast; zelfs worden ferrozouten, die wel in koolzuurhoudend water oplosbaar zijn, door de aanwezige zuurstof in ferrizouten omgezet.

Wanneer men zich nu voorstelt, dat dit uitloogingsproces met koolzuur- en zuurstofhoudend water in streken met een heet, uitgesproken volhumied klimaat dag in dag uit doorgaat; dat er nooit

sprake is van een naar boven gerichten waterstroom, die de weggespoelde verbindingen althans gedeeltelijk weer terugvoert; dat geen bemesting basen in den bodem brengt, die de kolloidale oplossing van kiezelzuur uitvlokken en het kiezelzuur binden en daardoor het uitloogingsproces vertragen; dat geen grondbewerking plaats vindt, die — het zou ons te ver voeren dit uiteen te zetten — ook vertragend op het verweeringsproces werkt; wanneer men dan tenslotte bedenkt, dat dit uitloogingsproces zeer lang op den bodem heeft ingewerkt, dan vraagt men zich af, of onder deze omstandigheden alle gesteenten niet ten slotte al hunne basen en phosphorzuur en al hun silikatisch gebonden kiezel-



Fig. 5. Lateritiseering van andesiet en basalt; de kern bestaande uit onverweerd gesteente, met korst van lateriet (volgens MOHR).

zuur verliezen, zoodat — naast onverweerbaar kwarts en andere onverweerbare mineralen — alleen overblijven verbindingen van Al_2O_3 en Fe_2O_3 met water en wel oorspronkelijk in amorfen vorm.

Het antwoord op deze vraag moet, blijkens de laatste meening VAN MOHR, ontkennend luiden. Er zijn mineralen, als alkaliveldspaat, glimmers en andere, die zelfs onder de bovengeschetste omstandigheden nog kiezelzuur gebonden kunnen houden en misschien komt dit kiezelzuur dan voor in den vorm van kaolien (Al_2O_3 2 SiO_2 2 H_2O).

Het complex nu van Al_2O_3 en Fe_2O_3 met water, dat alleen onverweerbare mineralen als kwarts bevat, noemt men *lateriet.* De ijzer -en

aluminiumverbindingen met water komen oorspronkelijk in amorfen toestand voor, doch gaan op den duur in den stabieleren, kristallijnen toestand over. Een dergelijk complex kan, krachtens de gegeven definitie, niet meer als *bodem* worden beschouwd. Uit den bodem is een nieuw gesteente ontstaan.

Men zal nu in de natuur verschillende gronden aantreffen, die bezig zijn lateritisch te verweeren, die dus nog basen en ook phosphorzuur in grootere of kleinere hoeveelheden kunnen bevatten. Het is noodig dit te bedenken en het zal veel misverstand voorkomen. Door nl. al dergelijke gronden tot het zuivere lateriet toe onder één naam *lateriet* te rangschikken, is het te verklaren, dat de een spreekt van vruchtbaar, de ander van onvruchtbaar lateriet.

Ten slotte zij nog opgemerkt, dat de meeste laterietachtige gronden zich door hunne roode kleur kenmerken.

Een treffend voorbeeld van nagenoeg volkomen lateritisatie van den bodem vormen, volgens MOHR, de in het N. O. der Lampongs (Sumatra) voorkomende gronden. Terwijl in het Z.W., dank zij de daar aanwezige jonge vulkanen, veel goede grond is, kan men de gronden uit het N.O. nauwelijks anders noemen dan eene grondruïne. Op Java komt het eindpunt, de zuivere lateriet, niet voor. Het moet hier in het midden blijven, of dit feit zijne verklaring vindt in den aard van de gesteenten of in de herhaalde vulkanische uitbarstingen, die de half gelateritiseerde gronden weer met versch materiaal bedekt hebben. Zuiver lateriet treft men verder aan in Voor-Indië en Midden-Afrika.

Ook bij de hierboven geschetste verweering van de gesteenten in een nat-tropisch klimaat door een stroom van zuurstof- en koolzuurhoudend water zullen verschillende tusschenstadia tusschen het nog onverweerde gesteente en de zuivere lateriet optreden. Op plaatsen, waar de uitwassching nog niet al te intensief heeft plaats gevonden treffen we op Java typische kleigronden aan. De door van Bemmelen onderzochte vulkanische Java-klei (Pasoeroean) is weinig verder verweerd, dan bijvoorbeeld Zuiderzee- en IJ-klei (zie tabel IV, blz. 78). In deze tabel zijn ook verschillende tusschenstadia van voortgezette verweering opgenomen, zonder dat nog het eindpunt, de zuivere, volkomen onvruchtbare lateriet, bereikt is. In dit geval is het verweeringssilikaat rijker aan aluminium en armer aan basen en kiezelzuur dan dat van de klei. Men spreekt dan het best van laterietachtige bodems.

In het volgende hoofdstuk wordt de samenstelling van verschillende typische grondsoorten uitvoerig aangegeven; hier beperken wij ons tot enkele cijfers (zie tabel III), waaruit het verschil tusschen de „gewone" en de zuivere lateritische verweering duidelijk blijkt.

Tabel III.
PROCENTISCHE SAMENSTELLING (TOTAAL-ANALYSE).

	Lateritiseering.		Gewone verweering tot klei.	
	Doleriet uit Britsch-Indië.	Daaruit gevormd lateriet.	Doleriet uit Engeland.	Daaruit gevormde klei.
Kiezelzuur ($Si O_2$)	50.4	0.7	49.3	47.0
Titaanoxyd ($Ti O_2$)	0.9	0.4	0.4	1.8
Phosphorzuur ($P_2 O_5$)	—	—	0.2	0.7
Aluminiumoxyd ($Al_2 O_3$)	22.2	50.5	17.4	18.5
IJzeroxyd ($Fe_2 O_3$)	9.9	23.4	2.7	14.6
IJzeroxyduul (Fe O)	3.6	—	8.3	—
Magnesiumoxyd (Mg O)	1.5	—	4.7	5.2
Calciumoxyd (Ca O)	8.4	—	8.7	1.5
Kali ($K_2 O$)	1.8	—	1.8	2.5
Natron ($Na_2 O$)	0.9	—	4.0	0.3
Water ($H_2 O$)	0.9	25.0	2.9	7.2

Een lateritisatie van de gesteenten is niet noodwendig gebonden aan een tropisch humied klimaat, al zijn de omstandigheden zonder twijfel wel nergens zóó gunstig als juist daar. Maar eene verweering in de richting van lateriet zal overal daar kunnen optreden, waar geen humuszuren aan het verweeringsproces deelnemen, de bodem dus door zuurstof- en koolzuurhoudend water uitgeloogd wordt en de uitlooging niet wordt onderbroken, d.w.z. de uitgeloogde stoffen geen gelegenheid vinden weer met een opstijgenden waterstroom den bouwkruin te bereiken en te verrijken. Deze voorwaarden zijn bijv. vervuld in het gebied van de kalkafzettingen om de Middellandsche Zee, het Karstgebied, waar zich de bekende *terra rossa* vormt. Dat terra rossa zuivere lateriet is, komt slechts hoogst zelden voor. De terra rossa van Zupanjac bevat 55,4 % Al_2O_3, 21,8 % F_2O_3 en 13,5 % H_2O en verder 8,5 % rutiel en 0,9 % zirkoon, is dus zuivere lateriet. In de terra rossa van Zlobin daarentegen komt nog ongeveer 9 % silikatisch gebonden kiezelzuur en eenige kalk voor. Deze grondsoort is dus nog niet volkomen gelateritiseerd.

Humuszure verweering. Een geheel ander beloop heeft de verweering, wanneer de humusstoffen hun invloed op het proces doen gelden. Eene uitgesproken humuszure verweering treedt alleen daar op, waar zich onverzadigde humus vormt. Deze is, zooals wij reeds zagen, in water oplosbaar en het naar beneden sijpelende regenwater zal dus rijk aan humusstoffen zijn. Dit water lost nu niet alleen de basen, het phosphorzuur en het kiezelzuur op, maar tast ook de ijzer- en aluminiumverbindingen aan. Wat het eindpunt van deze verweering is, laten wij hier in het midden. Sommigen meenen, dat ten slotte een amorf, waterhoudend aluminiumsilikaat van de samenstelling Al_2O_3 $2 SiO_2$ $2 H_2O$ als eene witte, volkomen onvruchtbare massa achterblijft. Aangezien deze samenstelling overeenkomt met kaolien, noemt men deze verweering ook wel kaoliniseering [1]).

Intusschen is het een feit, dat ook de verweering door koolzuurhoudend water tot kaolien voeren kan. Misschien zit tenslotte het eenige verschil tusschen de koolzuur- en de humuszure verweering nog in het lot, dat de ijzerverbindingen in den bodem te beurt valt. Bij de koolzuurverweering blijft het ijzer in den bodem; de gronden zijn min of meer bruin en rood gekleurd. Bij de humuszure verweering raakt het ijzer in beweging en wordt weggespoeld; de bodem bleekt op, kan ten slotte wit worden.

De kaoliniseering van de gesteenten komt op Java nagenoeg niet voor. Volgens Verbeek en Fennema wisselt in den kwartairen Java-grond vulkanisch puin — zand, asch en gruis — wel eens af met fijne klei- en kaolienlagen, zoodat de mogelijkheid van eene humuszure verweering in den grond van Java moet worden toegegeven. In hoofdzaak is ze natuurlijk beperkt tot de koelere bergstreken, waar zich veel humus vormen kan en ook daar vindt men ze nog zeer sporadisch. Mohr beschrijft ze bijvoorbeeld op het Diëng-plateau als eene witte massa onder eene zwarte humuslaag.

In de gematigde luchtstreek, zooals in Nederland, verloopt de verweering van de gesteenten minder snel en minder intensief. Niet alle basen worden weggespoeld. Aangezien ook humusstoffen een rol

[1]) Volgens sommige onderzoekers behoort de vorming van de uitgebreide kaolienlagen niet tot de verweeringsprocessen, doch zijn postvulkanische, pneumatolytische processen, door instrooming van fluorhoudende gassen in de granieteruptiën voortgebracht, de oorzaak der kaoliniseering van het graniet.

in dit proces spelen, is het tegenwoordige product van deze verweering, dat is de klei, op te vatten als een complex van verweeringssilikaten en -humaten, waarin de basen (kalk, magnesia, kali en natron) en ook het phosphorzuur gebonden zijn en van kleine hoeveelheden onverweerd veldspaat, augiet, glimmer enz. en min of meer groote kwantiteiten onverweerd kwarts.

Bij de verweering bijvoorbeeld van kaliveldspaat, dat is Al_2O_3 $6\,SiO_2$ K_2O, tot klei, moet men zich derhalve voorstellen, dat een gedeelte van de kali en het kiezelzuur en ook, doch in mindere mate, van het aluminiumoxyd wordt weggevoerd en water wordt opgenomen. Er ontstaat eene amorfe verbinding Al_2O_3 $aSiO_2$ bK_2O cH_2O, waarin a kleiner is dan 6 en b kleiner dan 1, terwijl c verschillende waarden kan hebben, al naar gelang van den vochtigheidstoestand. (Zie blz. 83 onder absorptieverbindingen). Naarmate de verweering verder voortschrijdt worden a en b kleiner.

In het bovenstaande is de aandacht gevestigd op den overwegenden invloed, dien het klimaat op het verweeringsproces heeft. Ook moedergesteente en de gesteldheden van het terrein zijn op het bodemvormingsproces van invloed, maar deze invloeden treden, zoowel in een uitgesproken humied als in een uitgesproken aried klimaat op den achtergrond. Bezit het klimaat echter een minder uitgesproken karakter, zijn de drie factoren, die het klimaat beïnvloeden: warmte, neerslag en wind, meer regelmatig verdeeld, dan treden bodemvormingen op, die mede van de plaatselijke gesteldheden afhangen.

Dat de verweering bijv. in het half humiede klimaat van Nederland inderdaad al zeer van plaatselijke gesteldheden afhangt, moge aan de volgende voorbeelden worden toegelicht.

In de eerste plaats oefent in dit halfhumiede klimaat de physische gesteldheid van den bodem invloed uit. Immers een zandgrond verhoudt zich ten opzichte van de hoeveelheid water, die afvloeit, anders dan een kleibodem, hetgeen uit de volgende berekening duidelijk zal worden. Stellen we bijv., dat de kleigrond een watercapaciteit van 25 volumeprocenten bezit en de zandgrond van 5 volumeprocenten, dan zal, wanneer beide gronden uitgedroogd zijn, een regen van 200 millimeter den kleibodem tot 4×200 millimeter $= 8$ decimeter met water verzadigen. De zandgrond is echter al door $\frac{800}{20} = 40$ millimeter regen tot die

diepte van 8 d.M. met water verzadigd en levert derhalve bij een regenval van 200 millimeter, 200 millimeter — 40 millimeter = 160 millimeter drainwater. Dit geval komt inderdaad veel voor; de zandgrond wordt uitgeloogd, de kleigrond nog niet.

Ook de geaardheid van den ondergrond is van invloed op de waterbeweging in de bouwkruin. Eene zandige onderlaag laat het water beter door dan eene nagenoeg ondoorlatende laag bijv. van potklei. Zoo treft men soms vlak naast elkander kalkrijke en kalkvrije leemgronden aan, de eerste rustende op een vrijwel absoluut ondoorlaatbare laag van potklei, de tweede op zand.

§ 5. Eenige typische bodemvervormingen.

In den bodem, dat is derhalve volgens onze opvattingen de bouwaarde, die uit de verweering van de gesteenten ontstaan is, heerscht geen rust. Vele van de krachten, die tot zijne vorming bijgedragen hebben, blijven voortdurend werkzaam, waarbij zich voegen de invloed van den plantengroei en het dierlijke leven in den bodem en van den mensch (bemesting, grondbewerking, cultuur). In waarheid kan van den bodem gezegd worden, dat het is een chemisch-physisch en biologisch laboratorium in voortdurende actie. In een afzonderlijk hoofdstuk wordt de biologie van den bodem behandeld; hier mogen nog enkele typische bodemvervormingen worden nagegaan.

Bleekzand en humuszandsteen. Bij het uitloogingsproces in een humusrijken bodem spelen de zich naar beneden bewegende humussolen (dat zijn de kolloïdale oplossingen van de humusstoffen) steeds een rol en deze rol wordt van groote beteekenis, wanneer de bodem met eene dichte laag zuren humus bedekt is. Deze kolloïdale oplossingen toch bezitten het vermogen andere bodembestanddeelen en niet alleen het kiezelzuur, de basen en het phosphorzuur, maar ook het ijzer en het aluminium in kolloïdalen toestand op te lossen en naar de diepere lagen mede te voeren. Vroeger meende men, dat de ijzerverbindingen in den bodem niet anders in beweging gebracht konden worden dan ná voorafgaande reductie van de ferrizouten tot ferrozouten, welke laatste in koolzuurhoudend water oplosbaar zijn. Thans weet men, dat ook onder den oplossenden invloed van kolloïdale humusoplossingen tal van stoffen en daaronder ook ijzerverbindingen in beweging raken.

Stuit nu deze kolloïdale oplossing op eene drogere laag, dan zet

ze — op welke wijze blijve hier buiten beschouwing — de meegevoerde bestanddeelen geheel of gedeeltelijk af. Dit afzetten kan ook geschieden daar, waar de neerdalende waterstroom het aan opgeloste stoffen rijke grondwater ontmoet; ook dan slaan de in het van boven komende water kolloïdaal opgeloste stoffen neder.

Op deze wijze ontstaan op zandgronden, onder bosch en heide, bij aanwezigheid van zuren humus, eene laag grijs-wit, uitgeloogd, zeer arm zand, *bleekzand* [1]) genaamd en daaronder eene bank *humuszandsteen*, gevormd, doordat de humus de zanddeeltjes aaneenkit; de humuszand-



Fig. 6. Profiel van de bleekzand-humuszandsteen-formatie.
a. humusrijk zand; *b.* bleekzand; *c.* humuszandsteen (zandoer); *d.* ondergrond.

steen bevat dan verder nog wat ijzer, aluminium en de basen afkomstig uit de bovenlaag en is door den humus en de ijzerverbindingen van donkerzwart tot bruinrood gekleurd. (zie fig. 6).

Men meende vroeger, dat bleekzand en humuszandsteen niet onder

[1]) Men spreekt nog algemeen van loodzand en zandoer. De eerste benaming is af te keuren, omdat de formatie niets met lood uit te staan heeft. De naam is ontstaan door verwisseling van Bleierde met Bleicherde.

Ook de benaming van humuszandsteen verdient de voorkeur, omdat het juist de humus is, welke hier een hoofdrol speelt en de naam zandoer licht tot verwarring met het moerasijzererts aanleiding geeft.

bosschen voorkwamen; dat beide lagen juist ná de ontwouding zouden ontstaan. Deze opvatting is volkomen onjuist. Het is zelfs geen al te gewaagde onderstelling — en althans zijn er vele voorstanders van deze opvatting — dat de vorming van het schadelijke, voor de wortels ondoordringbare humuszandsteen een van de oorzaken is van het veranderen van boschrijke streken in kale heidevlakten.

Niet altijd is de bleekzand-humuszandsteen-formatie zoo uitgesproken voorhanden als hierboven beschreven werd. Een begin van deze bodemvervorming is echter wel nagenoeg onder ieder bosch op te merken. Onder milden humus vormen zich echter geen harde lagen; milde humus toch kan wel veel water absorbeeren, maar vormt er geen kolloïdale oplossingen mede, die zooals wij zagen, juist de aanleidende oorzaak van de vorming van bleekzand en humuszandsteen zijn.

Knik. Ook onder de bouwkruin der kleigronden vormt zich in vele gevallen, als gevolg van het uitwasschingsproces, gaandeweg eene meer of minder ondoordringbare laag, knik geheeten. Deze kniklaag ligt gewoonlijk ± 30 c.M. onder de bouwlaag; ze is zeer samenhangend en in drogen toestand steenhard. Schadelijke bestanddeelen zijn niet aanwezig; hare slechte werking op de vruchtbaarheid van den bodem is niet het gevolg van hare scheikundige samenstelling, maar van de ongunstige physische werking, die ze uitoefent. Ze houdt het water en de plantenwortels tegen.

Welke veranderingen als gevolg van het uitloogingsproces van het regenwater en tevens van de cultuur (plantengroei, bemesting, grondbewerking) in de verweeringssilikaten van den kleigrond optreden, is nog niet nagegaan. Wel weet men, dat het vooral de kalk is, welke naar diepere lagen wordt gespoeld, zoodat èn kniklaag èn bovenliggende bouwkruin kalkarm zijn, terwijl dikwerf onder de knik grond ligt, rijk aan koolzure kalk (woelaarde). Zeer waarschijnlijk worden ook de kleinste kleideeltjes uit den bovengrond naar beneden getransporteerd; de kniklaag bevat dan meer kleine deeltjes dan de bovenliggende bouwlaag.

Ook de humusbestanddeelen spelen in dit bodemvervormingsproces der kleigronden hun rol. Op graslanden werkt alles mede tot eene vorming van veel humusbestanddeelen en tot een langzaam vergaan ervan (lage, vochtige ligging en lage temperatuur); derhalve tot eene ophooping van humeuze stoffen. Deze stijging van het humusgehalte

constateerde van Bemmelen reeds in 1863 bij het onderzoek van verschillende successievelijk tusschen de jaren 1545 en 1819 ingedijkte Groninger polders. De kweldergrond bevat nog vele plantaardige en dierlijke overblijfselen uit het zeewater en het kweldergras, die echter gedeeltelijk vergaan, als de grond indroogt. Daarna neemt het gehalte aan organische bestanddeelen met den ouderdom weder toe. Als gevolg nu van de oplossende werking der kolloïdale humusoplossingen komt o.m. het ijzer uit het verweeringssilikaat in beweging; het zet zich bij het droog worden van den bodem als bruine plekken en aderen in kniklaag en bouwkruin af.

Moerasijzererts. Moerasijzererts wordt in ons land meest in veenen, doch ook in andere lage streken aangetroffen. Het wordt dikwerf met humuszandsteen of zandoer verward. Terwijl echter het zandoer ontstaat door de benedenwaartsche waterbeweging, is de vorming van moerasijzererts toe te schrijven aan eene ondergrondsche toestrooming van ijzerhoudend water. Waar dit met zuurstof in aanraking komt, zet zich, volgens Winogradsky met medewerking van de ijzerbacteriën, ijzeroxyde af, soms in groote steenharde brokken, die met de spade niet fijn te kloppen zijn. Geschiedt de ijzerafzetting zuiver chemisch, zonder medewerking van bacteriën, zooals bijv. in stuifzand het geval kan zijn, dan schijnt zich alleen een zeer fijn verdeeld neerslag van ijzer- en andere verbindingen om de zandkorrels af te zetten. Op deze wijze zou mogelijk het roode zand, dat op verschillende plaatsen op de Veluwe voorkomt, gevormd kunnen zijn. Het bevat ongeveer 2,3 % ijzer (Fe_2O_3), hetwelk hoofdzakelijk als een dun vliesje om de zandkorrels voorkomt. Ook in gronden, die van tijd tot tijd met water, dat ijzerhoudend slib bevat, worden overstroomd, kan moerasijzererts gevormd worden. Het water trekt dan gedeeltelijk den bodem in en bij verdamping van het water en toetreding van lucht zet zich het ijzererts om de wortels der heide- of grasplanten af.

Volgens Verbeek en Fennema komt deze soort van ijzerafzettingen ook op Java voor. Tusschen Tangerang en Serang wordt somtijds over kilometers lengte voor verhardingsmateriaal aan den postweg gebruik gemaakt van donkeren, bijna zwarten en roodbruinen bruinijzersteen. Dit erts komt in dunne schollen op de puimsteentuffen voor en is niet tot de grens van het alluvium beperkt, maar wordt ook op de plateautjes op 50 tot 60 meter boven zee gevonden Volgens

de schrijvers zijn de ijzerverbindingen, die bij verweering uit den magnetiet van de puimsteentuffen ontstaan, door den plantengroei aan de oppervlakte geconcentreerd; het is een soort van grasijzererts (Raseneisenstein).

Padas. De naam padas wordt op Java gebruikt voor alle hardere of vastere massa's in of onder een zachteren grond. Opvallend is het, dat in het groote geologische werk over Java en Madoera van VERBEEK en FENNEMA de naam padas geen enkelen keer voorkomt. In zooverre dergelijke formaties door deze onderzoekers zijn waargenomen, zijn ze beschreven als tuffen. Wij willen ons hier houden aan de onderscheiding, die MARR maakt en onder tuffen verstaan de door eene beginnende verweering vast geworden losse vulkanische massa's met kiezelzuur als cement, terwijl wij de vaste, min of meer rood gekleurde lagen, in den alluvialen cultuurbodem padas zullen noemen.

De los gebroken stukken padas vertoonen dikwijls eene in het oog vallend geringe vastheid; meestal laten ze zich gemakkelijk met de hand verbrokkelen en zelfs met de vingers tot gruis wrijven; ze komen derhalve, wat physische geaardheid betreft, met de humuszandsteen-formatie overeen.

Ook wat de wijze van ontstaan betreft, bestaat er analogie tusschen de humuszandsteen- en knikformaties en de padas. De door het regenwater in oplossing gebrachte verbindingen worden naar diepere minder verweerde of drogere lagen meegevoerd, waar de kolloïdaal opgeloste stoffen zich gedeeltelijk afzetten en harde lagen kunnen vormen. Ook daar, waar de benedenwaarts gerichte waterstroom het grondwater, dat rijk is aan opgeloste stoffen, ontmoet, vindt padasvorming plaats. Volgens onderzoekingen van MARR is het bindmiddel van de roode padaslagen, naar alle waarschijnlijkheid, ijzeroxydehydrogel, al blijken ook reeds zeer kleine hoeveelheden ijzer in staat te zijn harde lagen te vormen; humus is in de padaslagen nagenoeg niet aanwezig. Dat het bodemzakwater soms zeer ijzerrijk is, kan in de goten in de suikerriettuinen en aan de hellingen van ravijnen waargenomen worden, waar zich op verschillende plekken, waar het water met de lucht in aanraking komt, roode strepen van ijzeroxydehydraat afzetten [1]).

[1]) Zie verder over witte padas, TH. MARR, *Archief voor de Javasuikerindustrie.* 1907, 61—63.

Oerbanken in Tangerang en Bantam. Het lage land van Tangerang werd hoofdzakelijk gevormd uit wat de Tjisadani, Tjimentjeuri, Tjidoerian, uit het achterland van vulkanische tuffen en asschen en lateritisch verweerde gronden aanvoerden en nog aanvoeren. Het is over het algemeen zandarm, kleirijk alluvium, maar de klei is nog al ijzerrijk. Men vindt op vele plaatsen losse ijzerconcretie's, maar op tal van andere punten ligt op een diepte van ongeveer 0,75 Meter een bank van ijzeroer van soms $^1/_3$ tot $^1/_2$ M. dikte. Mohr, aan wien wij het bovenstaande ontleenen (Verhandelingen Geol. Mijnb. Gen., Geologische Serie, Deel III, 1916), meent in deze oerbanken een analogon te moeten zien van de in koelere klimaten zich afzettende humushoudende oerbanken. Maar op Java komt de humus, die dus wel het proces in gang zet, niet mede tot afzetting, omdat in de lichtere meer doorlaatbare klei, telkens als het water afloopt of in een aantal droge dagen afdroogt, de humus bij de heerschende hooge temperatuur tot vrijwel volkomen vernietiging (Verwesung) komt.

Intusschen geeft Mohr toe, dat misschien ook ijzer uit den grond onder de bank aan de vorming van deze oerbanken deelneemt (zie onder moerasijzererts).

HOOFDSTUK II.

Samenstelling en eigenschappen van den bodem.

De bodem is een min of meer samenhangend geheel van deeltjes van verschillende grootte. Soms ontbreekt bijna elke samenhang, zooals bij het losse zand van duingronden en zandstuivingen; zware kleigronden daarentegen vormen eene in allerlei vormen kneedbare massa. Ook treffen we in den bodem harde banken van humuszandsteen, padas, enz. aan.

Men kan ook in den bodem onderscheiden verweerde en onverweerde anorganische bestanddeelen en daarnaast het humuscomplex, het water en de koolzure kalk. Geheel onverweerde mineraalfragmenten komen in de bouwaarde niet voor; bij al wat wij onverweerd noemen, is aan de oppervlakte althans eenige verweering op te merken.

Achtereenvolgens zijn derhalve te behandelen de chemische en de physische samenstelling van den bodem en de eigenschappen, die hiermede verband houden.

§ 6. De scheikundige samenstelling van den bodem.

Buiten beschouwing latende die verbindingen, welke in kleine hoeveelheden of slechts hier of daar voorkomen, zijn in den bodem de volgende stoffen aanwezig.

Het water. Het watergehalte hangt af van de geaardheid van den bodem en van den vochtigheidstoestand der lucht. Luchtdroge aarde is derhalve geen bepaald begrip, omdat de vochtigheidstoestand der lucht aan schommelingen onderhevig is. Bij bodemonderzoekingen wordt de bodem daarom in eene atmosfeer van bepaalde vochtigheid gedroogd (boven zwavelzuur van 10 %). Het water, dat uit den op deze wijze gedroogden grond bij verhitting tot 105° Celsius ontwijkt, heet hygroscopisch gebonden water. Het dan nog aanwezige water, het sterk gebonden water, wordt geleidelijk bij verwarming en ten

TABEL IV.

SAMENSTELLING VAN EENIGE BODEMTYPEN.

ALLE cijfers hebben betrekking op bij 100° C. gedroogden grond en zijn ontleend aan de onderzoekingen van VAN BEMMELEN, VAN BIJLERT, VAN ROMBURGH en het proefstation Wageningen. (N.B. — niet bepaald. — = niet aanwezig.)	VERPLAATSTE GRONDEN, AANGEVOERD door het water (aangeslibde, alluviale gronden).						door het ijs.		door den wind.	VERWEERINGSGRONDEN VAN VULKANISCHEN OORSPRONG. kleiachtig		Laterietachtig.			
	Zware kleigrond. Deli. Tabak.	Zware kleigrond. Suriname. Cacao.	Zware zeeklei uit het IJ.	Zware kleigrond. Java bij de Kenning. Tabak.	Lichte zeeklei. Zuiderzee. (Medemblik — Wieringen.)	Gele zandige grond. Pamah Langkat. Tabak.	Grauwe keileem (I). Winterswijk.	Rood zand. Veluwe	Duingrond. Hillegom.	Grauwe Delaarde (II). Deli. Tabak.	Javaklei. Gondang Legie. Tabak.	Roodbruine Delaarde. (I) Deli. Tabak.	Roode Javagrond. Tjipanas.	Vulkanische Javaklei. Buitenzorg. II e.	Lateriet Suriname
	1 (v. Bij).	2 (v. Be).	3 (v. Be).	4 (v. Be).	5 (v. Be).	6 (v. Bij).	7 (W.)	8 (W.)	9 (W.)	10 (v. Be).	11 (v. Be).	12 (v. Be).	13 (v. Be)	14 (v. R.)	15 (v. B.)
In water oplosbare stoffen (als NaCl, gips)	—	—	2,1	—	2,9	—	—	—	—	0,1	—	0,15	—	—	—
Sterk gebonden water	7,6	5,6	4,8	4,8	2,0	2,6	5,1	1,1	0,4	6,3	6,3	12,5	8,9	13,1	15,0
Organische stof	4,0	3,6	6,9	2,7	3,2	1,7	0,6			3,2	3,9	5,1		6,5	—
Stikstof (N)	0,23	n. b.	0,31	0,18	0,16	0,13	0,04	n. b.	n. b.	0,22	0,18	0,29	n. b.	0,32	—
Koolzure kalk	—	—	8,2	10,2	12,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Verweeringssilikaat A	52,3	38,5	27,7	27,0	14,9	19,5	36,6	4,3	1,2	34,0	51,9	58,0	65,8	71,5	78
daarin:															
verhouding $Al_2O_3 : SiO_2$	1 : 2,9	1 : 2,7	1 : 3,1	1 : 3	1 : 5	1 : 3	1 : 3,6	1 : 2,2		1 : 2,5	1 : 2,2	1 : 1,6	1 : 1,5	1 : 1,5	1 : 0,4
ijzer (Fe_2O_3)	6,1	5,4	4,7	4,82	2,02	9,4	5,77	2,33		4,65	7,94	6,9	15,2	13,5	36
kalk (CaO)	n. b.	0,4	0,5	1,07	1,0	n. b.	0,13	—	n. b.	0,81	2,28	0,77	1,1	n. b.	0,2
kali (K_2O)	n. b.	1,1	1,2	0,62	0,6	n. b.	1,09	0,06		0,23	0,23	0,27	0,2	n. b.	—
phosphorzuur (P_2O_5)	n. b.	0,1	0,17	0,13	0,11	n. b.	0,03	0,02		0,12	0,20	0,20	—	n. b.	—
Verweeringssilicaat B		29,1	12,8	10,0	6,1	—	18,4	—	—	7,5	—	4,1	2,9	—	—
daarin:															
verhouding $Al_2O_3 : SiO_2$	36,1	1 : 2	1 : 2,3	1 : 2	1 : 2,4		1 : 2,1	–		1 : 4,1	–	1 : 3,2	1 : 2,2	–	—
Onverweerde mineraalfragmenten		23,1	38,5	45,5	59,2	76,2	40,0	94,6	98,4	48,5	37,5	20,5	22,3	8,6	7
Nadere gegevens betreffende de mineraalfragmenten.	Bevat geen kwarts; niet nader bepaald.	Kwarts 13,4 %	Kwarts 25 %	Kwarts 37,1 %	Kwarts 43 %	Bevat kwarts; niet nader bepaald.	Kwatrs 32 %; veldspaat 8 %.	Nog niet nader bepaald.	Grootendeels kwarts (85 à 90 %,) verder hoofdzakelijk kaliveldspaat.	H+V=47,6% M= 0,9%	H+V=34,2% M= 3,2%	H+V=16,2% M= 4,3%	Albiet, augiet en andesiet.	Niet aangegeven.	Geen kwarts; bevat ongeveer 3 % silikaten en 4 % titanijzersteen.
		Verder hoofdzakelijk veldspaatachtige mineralen.								Bevatten geen kwarts. H = hoornblende; V = veldspaat; M = magnetiet (Fe_3O_4).					

slotte volledig met de organische bestanddeelen door gloeien uitgedreven. Zandgronden bevatten slechts zeer weinig hygroscopisch gebonden water, zeer zware kleigronden ongeveer 20 %, veengronden ongeveer 18 %. Voor het gehalte aan sterk gebonden water zij verwezen naar tabel IV.

Op welke wijze het water in den bodem gebonden is, zal nader (zie absorptie) besproken worden.

De organische bestanddeelen (humus). Om de scheikunde van de organische stoffen van den bodem te behandelen, zou een aanzienlijk deel van een werk over organische chemie geschreven moeten worden. Alleen door het Amerikaansche Bureau of Soils worden twintig in den bodem voorkomende organische verbindingen, alle van zeer samengestelden aard, beschreven. Wij beperken ons hier tot herhaling, dat de humus hoofdzakelijk uit koolstof, waterstof en zuurstof is opgebouwd en als voornaamste plantenvoedsel stikstof bevat, afkomstig uit het planteneiwit. Terwijl echter planteneiwit gemiddeld ongeveer 16 % stikstof bevat, is het stikstofgehalte van den humus in den regel aanzienlijk lager. In humiede gebieden schommelt het van 2 %—5 %; in warme, droge streken kan dit gehalte belangrijk stijgen, zoodat HILGARD in zekere soort ouden humus in Amerikaansche gronden, ontstaan bij rijke luchttoetreding en geringe vochtigheid — factoren, die de vorming en ophooping van de gevormde stikstof in de hand werken — zelfs tot 22 % stikstof (N) in den humus constateerde.

Het humusgehalte van de verschillende bodemtypen loopt zeer uiteen. Afgegraven duingronden, zooals ze voor de bloembollencultuur gebruikt worden, zijn practisch humusvrij; in zwaren kleigrond vond VAN BEMMELEN 6,9 %, in lichteren 3,3 %. (Zie tabel IV). Veengronden zijn zeer humusrijk; het gehalte aan organische stof bedraagt soms 99 %, berekend op droge stof.

Koolzure kalk ($CaCO_3$). De koolzure kalk in den bodem is zooals in onze zeeklei afkomstig van schelpen, enz., die met het slib mede bezonken (tabel IV, Nos 3 en 5), of wordt door zeer kalkhoudend slib uit kalkgebergten aangevoerd, zooals het monster No. 4 (tabel IV), afkomstig uit Rembang (bij de Kening-rivier). Het Rijn- en Maasslib bevat ongeveer 14 tot 28 % koolzure kalk en 1 à 2 % koolzure magnesia. Ook afgegraven duingronden bevatten in vele gevallen groote hoeveelheden fijne schelpjes; wij vonden in enkele monsters tot 8 % $CaCO_3$.

De koolzure kalk is een zeer bewegelijk bestanddeel; het koolzuurhoudende bodemwater loogt in betrekkelijk korten tijd groote hoeveelheden uit. Het onderzoek van zeven achtereenvolgens binnengedijkte Dollard-polders (van 1545—1819), leerde, dat de koolzure kalk, die in de versche, nog niet binnengedijkte klei tot een bedrag van 11 % voorkwam, na ruim 233 jaar uit de bovenlaag verdwenen was; gemiddeld ging 1 % $CaCO_3$ in 23,5 jaar verloren. Op dezelfde wijze kwam MAERCKER bij een onderzoek van vijf achtereenvolgens ingedijkte Marschgronden aan de zuidwestzijde van den Jadeboezem tot eene vermindering van 1 % $CaCO_3$ in ongeveer 37 jaar.

Dat deze cijfers intusschen van zeer relatieve beteekenis zijn, toont een onderzoek van SCHUCHT aan. De hierboven vermelde polders aan de zuidwestzijde van den Jadeboezem bestaan uit zware zeeklei. Aan de andere zijde van dezen boezem liggen meer zandige polders. Hier kon eene vermindering van het gehalte aan koolzure kalk met 1 % in rond 5 jaar geconstateerd worden.

De monsters No. 3 en 5 van tabel IV zijn versche zeeklei en bevatten dienovereenkomstig veel $CaCO_3$.

Uit den aard der zaak geschiedt de uitlooging van de koolzure kalk in de tropen bij tropischen regenval veel sneller. Zelfs vond KRAMERS in den bovengrond van Gondang Tapen, waar eene laag klei van vier voet dikte op eene laag koolzure kalk ligt, geen koolzure kalk. En toch is deze geheele kleilaag vrij zeker het achterblijfsel van de verweering van de kalkbank, die vulkanisch gruis insluit. Door het koolzuurhoudende bodemwater is de kalksteen opgelost en naar beneden gespoeld. Daar, waar deze opgeloste koolzure kalk zich in dieper gelegen lagen afzet, vormt het in vele gevallen een cement, dat de klei-zanddeeltjes met elkander tot een min of meer vast geheel verbindt.

Ook in ons land komt in het Zuiden van Limburg een verweeringsleem voor, door de bevolking kleefgrond genoemd, die het onoplosbare residu is van den onderliggenden kalksteen. Enkele monsters van dezen kalksteen, afkomstig van Croubeek, bleken bij onderzoek ongeveer 6 tot 9 % van dit residu te bevatten. Ook in ons klimaat wordt dus jaarlijks onder gunstige omstandigheden heel wat koolzure kalk uit den bodem uitgeloogd.

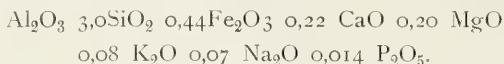
Het verweeringssilikaat en de onverweerde mineraalfragmenten. Eene nauwkeurige scheiding van beide groepen is niet mogelijk. Alleen

wanneer de aanwezige mineraalfragmenten zoo goed als niet door zoutzuur en zwavelzuur worden aangetast, zooals dat bijv. met kwarts, veldspaat, glimmer het geval is, is eene scheiding van het verweeringssilikaat en de onverweerde mineraalfragmenten althans bij benadering mogelijk. Tot nu toe werd deze benaderende scheiding slechts bij een betrekkelijk klein aantal grondsoorten door VAN BEMMELEN en in navolging van hem door enkele andere onderzoekers uitgevoerd. Door koken met sterk zoutzuur wordt in de eerste plaats een verweeringssilikaat, A genoemd, ontleed, waarbij in oplossing gaan een gedeelte van het kiezelzuur en verder aluminiumoxyd (Al_2O_3), ijzeroxyd (Fe_2O_3) en, zoo het aanwezig is, ijzeroxyduul (FeO), de basen kalk (CaO), magnesia (MgO), kali (K_2O) en natron (Na_2O) en ook het phosphorzuur (P_2O_5) en het zwavelzuur (SO_3). Het grootste gedeelte van het kiezelzuur (SiO_2) van dit verweeringssilikaat A wordt echter geleiachtig afgescheiden en kan door loog verwijderd worden. Hetgeen ná behandeling met zoutzuur (en loog) overblijft, bevat in vele gevallen nog een door zwavelzuur ontleedbaar silikaat, dat wij B zullen noemen. Na de behandeling met zwavelzuur blijven nog slechts onverweerde mineraalfragmenten achter, die nader mineralogisch gedefinieerd kunnen worden. De resultaten van het onderzoek van een 15-tal monsters van verschillende bodemtypen zijn in tabel IV (blz. 78) opgenomen.

Het verweeringssilikaat en vooral het door zoutzuur ontleedbare, A genoemd, vormt met het humuscomplex het belangrijkste bestanddeel van den bodem. Het komt in kleigronden in groote hoeveelheden voor, in zandgronden is slechts weinig aanwezig, in zandstuivingen en duingronden ontbreekt het practisch geheel. Het is dat gedeelte van den bodem, dat de plasticiteit (zie blz. 103) verleent en dat de practische landbouwer bepaalt, wanneer hij op het gevoel af zijne gronden onderscheidt in zand-, zavel- en kleigronden.

Het verweeringssilikaat is ten nauwste verbonden met het humuscomplex. Beide houden de basen (kali, kalk enz.) en ook het phosphorzuur, zoowel absorptief als chemisch gebonden. Men moet zich humuscomplex en verweeringssilikaat niet denken als ééne scheikundige verbinding, zooals het water en de koolzure kalk, maar als complexen van absorptieverbindingen en misschien van echte chemische verbindingen. De samenstelling van de beide complexen A en B is verschillend, al naargelang van den oorsprong en de vormingswijze (zie

tabel IV). Bij jonge, alluviale vormingen, zooals bij de Zuiderzee-klei, de Java-klei (Kening) enz. (No. 1—6), is het moleculaire verhoudingsgetal van het aluminiumoxyd en het kiezelzuur ongeveer 3 tot 4 in A, en ongeveer 2 tot 2,4 in B. Zoo bevat de Rembang-klei (No. 4) 27 % verweeringssilikaat A van eene moleculaire samenstelling



$$Al_2O_3\ 3{,}0SiO_2\ 0{,}44Fe_2O_3\ 0{,}22\ CaO\ 0{,}20\ MgO$$
$$0{,}08\ K_2O\ 0{,}07\ Na_2O\ 0{,}014\ P_2O_5.$$

Van geheel andere samenstelling daarentegen is het verweeringssilikaat A van de Nos. 10—15. Het is basischer; het bevat meer aluminiumoxyd en minder kiezelzuur; het verhoudingsgetal $Al_2O_3 : SiO_2$ daalt bij de Nos. 10—15 van 2,5 tot 0,4. Wij zien hier duidelijk de gevolgen van de lateritische verweering. Het kiezelzuur en de basen spoelen weg en ten slotte blijft, zooals in No. 15, een onvruchtbare bodem zonder eenig voedsel achter, hoofdzakelijk bestaande uit aluminiumoxyd en ijzeroxyd. Toch is er zelfs in dezen Surinaamschen grond (No. 15) nog eenig kiezelzuur, oplosbaar in zoutzuur (verhouding 0,4), aanwezig. De roodbruine Deli-aarde (No. 12) bevat een silikaat A van de samenstelling Al_2O_3 1,6 SiO_2, is dus nog niet zoo ver uitgeloogd en bevat dan ook 0,77 % CaO, 0,27 % K_2O en 0,20 % P_2O_5. In Deli komen ook roode heuvelgronden voor, die wat vormingswijze betreft met de roodbruine Deli-aarde overeenkomen, doch alleen wat verder uitgeloogd zijn en wat minder humus bevatten. Juist deze humus beschermt den bodem tegen uitwasschen.

Een inzicht in de verdere samenstelling van het verweeringssilikaat A kan verkregen worden door extractie van den bodem met zoutzuur van verschillende sterkte, gedurende korteren en langeren tijd, bij kamer-temperatuur en hooger. Het is gebleken, dat juist de laterietachtige gronden een door verdunde zuren ontleedbaar, zeer basisch silikaat bezitten. Tevens kan op deze wijze, door behandeling met verdunde zuren, worden nagegaan, hoe sterk de basen in het verweeringssilikaat-humaat gebonden zijn.

Het ijzeroxyde. Eene afzonderlijke bespreking verdient het ijzeroxyde in den bodem. De bewering, als zoude het ijzeroxyde in den bodem gemakkelijk zijn waar te nemen, gaat lang niet altijd op. Men meent, dat de roode kleur van den bodem wijst op de aanwezigheid van veel ijzeroxyde. Een grauw keileem bevatte echter 5,8 % Fe_2O_3,

terwijl in een rood keileem slechts 2,8 % aanwezig was. In een rood zand van de Veluwe werd 2,3 % gevonden. Beter is het te zeggen, dat hoe gemakkelijker het ijzeroxyde in verdunde zuren oplost, m.a.w. hoe losser gebonden het voorkomt, hoe meer kleur het aan den bodem geeft. Dat het ijzeroxyde vrij in den bodem zou voorkomen, wordt wel gezegd, doch is, met uitzondering van enkele laterietgronden, voor geen enkelen grond aangetoond. Het ijzer komt in min of meer gebonden vorm voor.

§ 7. Het absorptievermogen van den bodem.

In de eerste helft der vorige eeuw werd door verschillende onderzoekers de aandacht gevestigd op eene merkwaardige eigenschap van den bouwgrond, die men het absorptievermogen van den bodem noemde. Deze eigenschap komt in het kort gezegd hierop neer, dat de bodem opgeloste stoffen en daaronder eene reeks van plantenvoedingsstoffen, in zich opneemt, zoodat de oplossing armer aan deze stoffen den bodem weer verlaat. De Engelschman Way was de eerste, die verschillende bodemsoorten op hun absorptievermogen en tal van plantenvoedingsstoffen op hunne absorbeerbaarheid onderzocht. Hij toonde aan, dat oplossingen van kalium- en ammoniumzouten, op den bodem geschonken, hun basen aan den bodem afstaan, terwijl de zuren, als zwavelzuur (H_2SO_4), zoutzuur (HCl) en salpeterzuur (HNO_3) onverminderd in het filtraat teruggevonden worden. Het filtraat reageerde echter neutraal; in de plaats van kalium en ammonium waren andere basen uit den bodem, hoofdzakelijk kalk, in de oplossing overgegaan.

Tot recht begrip van het voor de praktijk van den landbouw zoo belangrijke absorptievermogen van den bodem is het noodig uiteen te zetten, wat men onder absorptie en absorptieverbindingen verstaat. Het is de in het jaar 1911 overleden Nederlandsche geleerde, J. M. van Bemmelen, aan wien wij grootendeels onze kennis op dit gebied te danken hebben.

Absorptie en absorptieverbindingen. Uit eene waterige oplossing van waterglas (natriumsilikaat, $Na_2O\ SiO_2$), wordt het kiezelzuur (SiO_2) door zoutzuur (HCl) in geleiachtigen vorm neergeslagen. Na bezinken bevindt zich in de bovenstaande heldere vloeistof het keukenzout (NaCl), gevormd uit het Na van het waterglas en het Cl van het zoutzuur, alsmede de rest van het zoutzuur; doch ook het geleiachtige

kiezelzuur, de kiezelzuurgel, houdt deze bestanddeelen, benevens eene groote hoeveelheid water, gebonden. Door uitwasschen met water (dialyse) kan de kiezelzuurgel nagenoeg geheel van het aanklevende keukenzout en zoutzuur bevrijd worden. Na uitdruiping bevat de kiezelzuurgel nog eene zeer groote hoeveelheid water; al naar gelang van de bereidingswijze kan men een hanteerbare kiezelzuurgel verkrijgen, die op 1 molecuul SiO_2 100—300 moleculen water (H_2O) bevat. Door verdere uitpersing en vooral door drogen bij hoogere temperatuur verliest de gel geleidelijk het water.

Indien nu de aldus verkregen kiezelzuurgel (bevattende derhalve SiO_2 en veel H_2O) met eene oplossing van keukenzout geschud wordt, neemt ze uit de oplossing keukenzout tot zich. Ook basen en zuren kan ze vasthouden. Deze binding is echter geen zuiver chemische binding. Het kenmerkende van eene chemische verbinding toch is, dat de elementen zich steeds in dezelfde verhouding met elkander verbinden. Zoo zijn voor de vorming van 18 gram water steeds noodig 2 gram waterstof en 16 gram zuurstof. Het bekende blauwe kopersulfaat is $CuSO_4$ $5H_2O$ en bevat, hoe ook bereid, steeds op 159 gram $CuSO_4$ $5 \times 18 = 90$ gram water, terwijl iedere molecule $CuSO_4$ steeds uit 63 gewichtsdeelen koper (Cu), 32 gewichtsdeelen zwavel (S) en 64 gewichtsdeelen zuurstof (O) is opgebouwd.

Geheel anders gedragen zich de absorptieverbindingen. Kiezelzuurgel kan elke hoeveelheid water bevatten, al naar gelang van den vochtigheidstoestand der atmosfeer. Eene base, bijv. kaliloog (KOH) wordt door de kiezelzuurgel gebonden, maar niet in bepaalde verhouding. Wel valt er eene zekere regelmaat bij deze absorptie waar te nemen. Het absorptievermogen neemt af, naarmate het absorbens, dat is het lichaam, dat absorbeert, in dit geval de kiezelzuurgel, reeds meer stof geabsorbeerd houdt. Omgekeerd loogt de eerste hoeveelheid water uit de gel eene groote massa van de geabsorbeerde stof uit; de volgende hoeveelheden van de geabsorbeerde stof gaan hoe langer hoe moeilijker in oplossing, terwijl ten slotte, om de laatste sporen te verwijderen, enorme massa's water vereischt worden.

Eene tweede merkwaardige eigenschap van de absorptieverbindingen is deze, dat de geabsorbeerde basen door andere te vervangen zijn en dat wel in zeer korten tijd. Wanneer de kiezelzuurgel, welke kaliloog (KOH) absorptief gebonden houdt, met eene oplossing van calciumchloride ($CaCl_2$) geschud wordt, dan gaat een gedeelte van de

kali in oplossing, terwijl een gedeelte van de kalk absorptief door de gel gebonden wordt. Er heeft dus uitwisseling van basen plaats. De kracht, waarmede de basen gebonden worden, is verschillend. Ammoniak wordt het sterkste gebonden; dan kali en kalk en natron het zwakste. Door echter een kiezelzuurgel, die ammoniak gebonden houdt, steeds opnieuw met groote hoeveelheden van een natronzout (bijv. keukenzout) te behandelen, kan nagenoeg al de ammoniak door natron vervangen worden.

Behalve kiezelzuur geven ook aluminiumoxyd, ijzeroxyd, enz. gels. Men kan ook mengels van gels bereiden, bijv. een kiezelzuur-aluminium-oxyd-gel. Al deze lichamen vertoonen dezelfde eigenschappen als hierboven voor de kiezelzuurgel zijn uiteengezet.

Volgens de onderzoekingen van WAY en tal van anderen na hem, bezit nu de bodem eigenschappen overeenkomende met die der gels. De bodem absorbeert water en tal van de voor de planten belangrijkste voedingsstoffen, vooral de basen, in hooge mate; zuren minder, behalve het phosphorzuur, hoewel het nog de vraag is of dit bestanddeel niet grootendeels chemisch gebonden in den bodem voorkomt. De binding is ook voor ammoniak het sterkst; dan volgen kali, kalk en natron. Toch brengt eene oplossing van kalk een gedeelte van de bodemkali in oplossing. Zoo kan eene kalkbemesting door de in den bodem geabsorbeerde kali en ammoniak te vervangen, als kali- en stikstofbemesting werken. Zelfs natronzouten, in groote hoeveelheid op den akker gebracht, b.v. bij eene overstrooming met zeewater, verdringen de andere basen. Het proces, dat zich hierbij afspeelt, kan als volgt worden aangegeven:

Bodemkalkcomplex + 2 NaCl (keukenzout) $\rightleftarrows$ bodemnatroncomplex + $CaCl_2$ (calciumchloride). Het teeken $\rightleftarrows$ geeft aan, dat beide reactie's, zoowel de inwerking van keukenzout op het kalkcomplex als die van calciumchloride op het natroncomplex, naast elkander plaats vinden. Er treedt dus ten slotte een evenwichtstoestand in.

Hoe snel deze evenwichtstoestand intreedt, m.a.w. hoe snel het bodemcomplex, dat de basen absorptief gebonden houdt, deze basen tegen andere uitwisselt, moge uit het volgende blijken. Een kleigrond (zware kleigrond uit de Betuwe) wisselde, met eene koude oplossing van keukenzout (NaCl) geschud, evenveel kalk tegen natron uit in één week als in vijf minuten, nl. in beide gevallen 0,78 % CaO. De bovengenoemde evenwichtstoestand was dus reeds binnen vijf minuten ingetreden. Maar het sterkste is wel, dat, door den kleigrond slechts

vijf seconden met de oplossing van keukenzout te schudden, reeds 0,756 % CaO uitwisselde. Van de kalk, die op de gevolgde wijze kon uitwisselen (0,78 %), is in dat korte oogenblikje — waarbij dan nog enkele minuten filtreeren komt — reeds 97 % uitgewisseld.

Practisch is dit van beteekenis, omdat er uit volgt, dat de omzettingen tusschen den bodem en de meststoffen met zeer groote snelheid verloopen. Enkele oogenblikken nà de bemesting met eene oplossing van bijv. zwavelzure ammoniak is de ammoniakstikstof een deel van den bodem geworden.

Als zetel van het absorptievermogen wordt thans algemeen beschouwd het humuscomplex en het verweeringssilikaat A (zie tabel IV). Reeds bij behandeling met verdund zoutzuur (en loog) wordt dit silikaat-humaat-complex gedeeltelijk verwijderd. Als gevolg daarvan gaat dan ook het absorptievermogen, zoowel voor water als voor de voornaamste plantenvoedingsstoffen, bij behandeling met zuren (en loog, ter oplossing van het kolloïdaal afgescheiden kiezelzuur) sterk achteruit.

De beteekenis van het absorptievermogen voor de praktijk van den landbouw. In de *eerste* plaats regelt het absorptievermogen het gehalte van de bodemoplossingen. Wanneer door bemesting of door chemische veranderingen bij het verweeringsproces de concentratie van de bodemoplossing grooter wordt, dan absorbeert de bodem een gedeelte van de zich in oplossing bevindende stoffen, totdat zich wederom eene zeer verdunde oplossing gevormd heeft. Het groote nut van eene zeer verdunde bodemoplossing voor den plantengroei is bekend; tegen eenigszins sterke oplossingen zijn de planten niet bestand.

In de *tweede* plaats werkt de bodemabsorptie nuttig, doordat vele voor de planten onmisbare stoffen door den bodem worden vastgehouden en voor uitwasschen door regens worden behoed. Als gevolg hiervan zijn dan ook drainwaters zeer arm aan die bestanddeelen, welke de bodem absorbeert. Zuren worden slechts zwak vastgehouden; van beteekenis is dit voor het zoo kostbare salpeterzuur, dat om deze reden niet te lang van te voren, dus liefst als kopbemesting, gegeven moet worden.

Vooral moet in de *derde* plaats den nadruk gelegd worden op het feit, dat de plantenvoedingsstoffen door den bodem gebonden worden in een weliswaar in water weinig oplosbaren vorm, zoodat er geen

gevaar voor uitwasschen en te sterke concentratie van de bodemoplossing bestaat, maar toch in zoodanigen vorm, dat ze voor de plant opneembaar zijn. De meest gangbare opvatting omtrent de wijze, waarop de plantenwortels deze door den bodem geabsorbeerde plantenvoedingsstoffen opnemen, is wel deze, dat dit plaats vindt door de oplossende werking van het steeds koolzuurhoudende bodemwater.

Het is de vraag of deze opvatting wel juist is. Er is alle reden om aan te nemen, dat de door GANS langs kunstmatigen weg bereide aluminaat-silikaten, door dezen onderzoeker permutieten genaamd, de basen op dezelfde wijze binden en aan de plantenwortels afstaan als de bodemaluminaat-silikaten. Nu is uit onderzoekingen van den Rus PRIANISCHNIKOW verder gebleken, dat de plantenwortels niet in staat zijn het kalium uit kaliumpermutiet op te nemen, wanneer het kaliumpermutiet zonder een enkel ander zout gegeven wordt. De proef werd zóó ingericht, dat de plantenwortels gedeeltelijk uitkwamen in een pot met alle plantenvoedingsstoffen op kali nà, gedeeltelijk in zand met enkel kaliumpermutiet. Werd daarentegen de kaliumpermutiet met de andere zouten gemengd, dan bleek de permutietkali even goed opneembaar als bijv. het kalium uit kaliumchloride. Het zijn dus de omzettingen, welke zich tusschen de verschillende meststoffen onderling afspelen, die de permutietkali voor de plantenwortels toegankelijk maakt. En wat bij deze proeven in zandcultures plaats vindt, vindt ook plaats in den bodem; doch daar is het proces nog ingewikkelder, omdat daar ook omzettingen tusschen de meststoffen en het absorbeerend bodemcomplex mede in het spel komen.

Absorptief verzadigde en onverzadigde gronden. De bodem bevat dus in het absorbeerende bodemcomplex (silikaat-humaat-complex) een reservoir, waaruit de planten den noodigen voorraad — zoowel water als plantenvoedingsstoffen — putten kunnen. Men kan zich het beste voorstellen, dat er bij de verzorging van de planten met water en voedingsstoffen een strijd gevoerd wordt tusschen den bodem en de planten. Het verloop van dezen strijd hangt natuurlijk in de eerste plaats af van het gehalte van den bodem aan absorbeerend materiaal, dat is dus van het gehalte aan het absorbeerende silikaat-humaat-complex. Kleigronden, die veel van dit complex bevatten, staan sterker in dezen strijd tegenover de planten dan zandgronden. Verder komt het er op aan of het absorbeerende bodemcomplex meer of minder met basen

(en water) verzadigd is. Hoe meer absorbeerend materiaal in den bodem voorhanden is en hoe minder plantenvoedende stoffen (en water) dit materiaal geabsorbeerd houdt, des te moeilijker wordt het voor de planten het noodige voedsel (en water) aan den bodem te onttrekken. Zoo zou het kunnen voorkomen, dat een kleigrond absoluut rijker aan basen was dan een zandgrond en toch deze basen moeilijker aan de planten afstond dan de zandgrond. Terecht wordt van den kleigrond gesproken als van den „Geizhals."

Op grond van het bovenstaande zal onderscheid moeten gemaakt worden tusschen bodems, die meer en bodems, die minder met basen verzadigd zijn. (Zie ook § 3, blz. 60). Aangezien de toestand van volkomen verzadiging in een humied klimaat wel niet voorkomt, kan men beter spreken van bodems, meer of minder onverzadigd aan basen of ook arm of rijk aan absorptief gebonden basen, mits de begrippen armoede en rijkdom geheel relatief worden opgevat, in verband met het vermogen van den bodem om basen te binden.

In een humied klimaat, waar de bodem eeuwen achtereen door het water uitgeloogd is, zullen alle gronden wel tot de onverzadigde gronden behooren. Het eindpunt van de reeks, absoluut onverzadigde gronden dus, die geen spoor van absorptief gebonden basen meer bevatten, komt in Nederland niet voor. Als zoodanig zijn op te vatten de zuivere laterieten, niet te verwarren met de laterietachtige gronden, dat zijn de formaties, die bezig zijn te lateritiseeren en nog basen bevatten. Zeer dicht bij de absoluut onverzadigde gronden staan ook de hoogveengronden, die zeer arm zijn aan absorptief gebonden basen.

Reactie van den bodem. In dit verband moet een enkel woord gezegd worden over de reactie van den bodem ten opzichte van lakmoes. Men is gewoon te zeggen, dat de bodem zuur reageert, als hij evenals een zuur blauw lakmoespapier rood en alkalisch, als hij evenals een base rood lakmoespapier blauw kleurt. Nu komen evenwel vrije zuren en basen niet altijd in den bodem voor en de verhouding ten opzichte van lakmoes moet in die gevallen dus een anderen grond hebben.

Zoo kan bijv. een kleigrond alkalisch reageeren ten opzichte van plantenkleurstoffen, als lakmoes, niet omdat hij eene *vrije* base (dat is eene in water oplosbare, alkalisch reageerende stof) bevat, maar omdat het de zeer zwak zure roode plantenkleurstof gelukt toch nog eenige base aan dezen kleigrond te onttrekken. De kleigrond is wel onver-

zadigd aan basen, maar staat toch nog wat van zijn base aan het lakmoes af en kleurt dit blauw.

Natuurlijk kan nu ook een kleigrond zoo arm aan basen zijn, dat hij omgekeerd iets van de base uit het blauwe lakmoespapier tot zich trekt en het papier rood kleurt.

Wanneer een hoogveengrond blauw lakmoespapier rood kleurt, behoeft dit nog geen bewijs te zijn voor de aanwezigheid van vrije zuren in dezen veengrond. De roodkleuring van het lakmoespapier kan ook een gevolg daarvan zijn, dat de sterk onverzadigde hoogveengrond de base aan de blauwe lakmoeskleurstof onttrekt en het plantenzuur hieruit vrijmaakt.

Een alkalisch reageerende bodem is op grond van de reactie tegen lakmoes dus nog niet verzadigd te noemen; immers ook onverzadigde gronden kunnen nog zeer goed alkalisch reageeren ten opzichte van lakmoes. Maar eene zure reactie is in allen geval een blijk van sterke onverzadigdheid; een dergelijke bodem heeft groote behoefte aan eene bemesting met basen (Zie verder over de bemesting met kalk, § 8, blz. 99 en 100).

Absorptievermogen en bemesting. Men zal thans ook goed begrijpen, wat bij de bemesting van een bodem, ruim van silikaat-humaat-complex voorzien, met de meststoffen geschiedt. Men bemest in dat geval, zei MULDER reeds voor meer dan 50 jaar, niet de planten, maar den bodem. Bij eene kalibemesting zal het bedoelde complex zich van de kali meester maken en in de plaats van deze kali zullen die basen (CaO, MgO) vrij komen, welke in dit complex ruim voorhanden zijn. Op deze wijze werkt eene kalibemesting tegelijk als eene kalk- en magnesiumbemesting en omgekeerd. Een ander voorbeeld. Men heeft gevonden, dat in sommige gevallen zwavelzure ammoniak door toevoeging van keukenzout beter werkt. Dit wordt zeer waarschijnlijk niet alleen veroorzaakt door eene directe werking van het natrium, maar ook, doordat de in het absorbeerende bodemmateriaal vastgelegde ammoniak door natrium wordt vrijgemaakt. Op dezelfde gronden kan men zeggen, dat eene bemesting met kalkzouten tegelijk eene bemesting met kali, magnesia en ammonia is.

Het bovenstaande geeft ook eene verklaring van een verschijnsel, dat sommige suikerplanters hebben opgemerkt. Bij bemesting van een bodem, waarvan het absorbeerende complex rijk is aan basische oxyden (vooral kalk en ijzer) met ammoniumsulfaat, ontwijkt soms ammoniak. In een geval, dat VAN BIJLERT mededeelt, was kalk nage-

noeg niet aanwezig en was de ammoniakontwikkeling aan het ijzeroxyde toe te schrijven. Speciaal bij Indische bouwgronden, die soms zeer rijk aan los gebonden ijzeroxyde zijn, moet met deze omstandigheid rekening gehouden worden.

Ook moet er bij ijzerrijke gronden om gedacht worden, dat ijzer het phosphorzuur van de meststoffen in hooge mate bindt. Dit is de oorzaak, waarom bij sommige ijzerrijke gronden geen uitwerking van betrekkelijk groote giften phosphorzuur te constateeren valt. Bij nog hoogere phosphorzuurbemesting ware de groote behoefte van deze gronden aan phosphorzuurbemesting voor den dag gekomen.

Het zijn vooral de klei- en humusgronden, welke een groot absorptievermogen bezitten. Ze bevatten eene groote hoeveelheid in zoutzuur-loog oplosbaar silikaat-humaat-complex en houden daarom de opgebrachte meststoffen lang vast, veel langer dan de zandgronden, waarbij spoedig uitwassching door regen plaats vindt. In het licht van het bovenstaande begrijpen wij thans ook den raad van MAERCKER: Kleigronden sterk en met groote tusschenpoozen, zandgronden zwak en herhaaldelijk te bemesten.

§ 8. De structuur van den bodem.

De bodem is opgebouwd uit een groot aantal deeltjes van verschillende grootte. De mechanische bodemanalyse leert met eenige benadering de grootte dezer deeltjes kennen. Van belang is het echter ook de structuur van den bodem te kennen, d.w.z. te weten, hoe de deeltjes ten opzichte van elkander gelegen zijn.

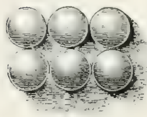


Fig. 7.

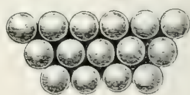


Fig. 8.

Het eenvoudigste geval doet zich voor, wanneer alle deeltjes van dezelfde grootte zijn. Al naargelang van de ligging der deeltjes ten opzichte van elkander, is het overblijvende luchtvolume grooter of kleiner; de uiterste gevallen, de meest losse en de dichtste ligging, zijn in fig. 7 en fig. 8 voorgesteld. Eene berekening leert, dat in het eerste geval het poriënvolume 47,64 %, in het tweede geval 25,95 % van het totale bodemvolume is. Bij ongelijke grootte van de deeltjes gaan de kleinere tusschen de grootere inliggen en verkleinen op deze wijze het poriënvolume. In al deze gevallen ligt deeltje naast deeltje, zonder eenig nader verband; de bodem verkeert in de *enkelkorrelstructuur*.

Kruimelstructuur. In alle goede bouw- en boschgronden zijn de verschillende bodemdeeltjes tot meer of minder groote klompen of kruimels vereenigd (Zie fig. 9). Men moet zich derhalve den in kruimelstructuur verkeerenden bodem opgebouwd denken, niet uit de verschillende deeltjes, maar uit verschillende kruimels, d. z. groote poreuze korrels. In dezen toestand is het poriënvolume grooter dan bij de enkelkorrelstructuur; zoo vond VAN ROMBURGH bij enkele theegronden, dat 100 cc. aarde van 40 tot 50 c.c. lucht bevatten.



Fig. 9. Kruimelstructuur.

De kruimelstructuur ontstaat bijv., wanneer het slib van de rivieren zich in zee afzet. Door de uitvlokkende werking van het zoute zeewater ballen zich de kleine slibdeeltjes tot grootere vlokken samen en de bezonken massa bezit eene zeer losse, kruimelige structuur. Een geheel ander verloop heeft het afzettingsproces van slib in zoet water. Hier blijven alle deeltjes op zich zelf bestaan en zinken langzamerhand, al naar gelang van hunne zwaarte, naar beneden; eerst de grootere en daarnà de kleinere. De kleinere deeltjes zetten zich dan tusschen de poriën van de grootere deeltjes af en men krijgt goed gesloten afzettingen, die bij indrogen een vast, samenhangend geheel vormen.

Om een bodem uit de kruimelstructuur geheel of gedeeltelijk in de enkelkorrelstructuur over te voeren, is gewoonlijk een onder water zetten voldoende. Dit geschiedt ook reeds gedeeltelijk door den regen. De regen dringt tusschen de deeltjes, waaruit een kruimel bestaat, in en wel des te beter, naarmate het meer en harder regent; maakt de deeltjes van de kruimels los van elkander en de kleinste deeltjes vallen tusschen de holten der grootere in. Hoe heftiger de regen is, hoe spoediger de bodem in de enkelkorrelstructuur geraakt; de bodem zet zich, slaat dicht. Dit proces wordt nog door bewerking van den natten bodem bespoedigd.

Nog ongunstiger op de bodemstructuur van kleigronden werkt eene oplossing van keukenzout, zooals bijv. bij eene overstrooming met zeewater het geval is. Door uitwisseling vormt zich veel natronaluminiumsilikaat, kortweg natronklei. In de eerste plaats zwelt deze natronklei aanzienlijk met water op en verstopt reeds daardoor den bodem. Maar

bovendien splitst natronklei in water — hoe moge hier in het midden blijven — natronloog af en deze laatste verbinding werkt ontvlokkend op den kleibodem in; d.w.z. zij doet de kleine kleivlokken in nog kleinere vlokjes uiteenvallen. Ook soda werkt ontvlokkend op de kleideeltjes en dus verslechterend op de bodemstructuur (zie verder het slot van deze paragraaf).

De praktijk wenscht nu eene goede kruimelige bodemstructuur en het zal dus het streven van den landbouwer moeten wezen, om zijn grond in de kruimelstructuur te krijgen en te houden.

Middelen ter verkrijging eener goede bodemstructuur. Onder deze middelen staat voorop eene rationeele grondbewerking, welke door vorst, bacteriën, regenwormen, enz. ondersteund wordt.

Naast de grondbewerking staat eene groene bemesting, welke door vermeerdering van humus de structuur, zoowel van zware als van lichte gronden, verbetert. Humus bevordert de poreusheid van den zwaren bodem, eensdeels doordat de organische stoffen de gronddeeltjes beletten dicht opéén te gaan liggen, anderdeels doordat de humuskolloïden de anorganische bodemkolloïden kunnen uitvlokken. Men dient intusschen zoodanige maatregelen te nemen, dat de groene massa snel vergaat en den bodem niet verzuurt.

De structuur van zware gronden kan verder verbeterd worden door het inbrengen van grovere bestanddeelen, als puin, pannen, zand, enz.

Een ander uitstekend middel om den grond losser en poreuser te maken, is het aanplanten van een gewas, met een sterk ontwikkeld en diepgaand wortelstelsel, dat den bodem in alle richtingen doorkruist. De goede werking van een dergelijk gewas op de bodemstructuur wordt in hooge mate bevorderd, wanneer later, als het gewas gemaaid is, insecten, als bijv. de witte mieren, de wortels opvreten. Ook herbossching werkt gunstig op de bodemstructuur, vooral wanneer de wortels van de boomen, ná het vellen, vlug verteerd worden (bijv. door mieren).

Over de oorzaken van de gunstige werking eener kruimelige structuur van den bodem op de planten, loopen de meeningen uiteen. Men zal hier wel met een complex van samenwerkende factoren te doen hebben. De plantenwortels kunnen zich in een zoodanigen bodem beter ontwikkelen; de lucht dringt overal door, zoodat de verschillende lucht-

behoevende of aërobe bodemorganismen tot ontwikkeling komen en hunne belangrijke functies kunnen verrichten. Ten slotte komt in een poreusen bodem eene goede bodemluchtververschiug tot stand. Het laatste punt is belangrijk genoeg, om er eenige oogenblikken bij stil te staan.

Bodemlucht en bodemluchtverversching. In den bodem is, al naar gelang van den physischen toestand, meer of minder lucht aanwezig. Zware kleigronden bevatten minder lucht dan zandgronden; een goed bewerkte bodem weer meer dan een slecht bewerkte. De samenstelling van de bodemlucht wijkt van die van de atmospheer af. Door het ademhalingsproces van de bacteriën en schimmels en ook van de wortels van de hoogere planten worden groote hoeveelheden koolzuur in den bodem geproduceerd. Zooals bekend is wordt bij de ademhaling zuurstof verbruikt en koolzuur uitgeademd. Zoo schatte Stoklasa de hoeveelheid koolzuur (CO_2), die door lage organismen gevormd wordt, op 75 K.G. per H.A. en per dag, terwijl in hetzelfde tijdsverloop de wortels van het onderzochte gewas (tarwe) 60 K.G. koolzuur per H.A. uitademden, totaal derhalve 135 K.G. koolzuur per dag en per H.A. Bleef deze hoeveelheid koolzuur in den bodem aanwezig, dan zou het koolzuurgehalte van de bodemlucht (de luchtcapaciteit van den bodem op ongeveer 15 volumeprocenten gerekend) in één dag stijgen tot 15 $^0/_0$. Bij eene dergelijke stijging van het koolzuurgehalte en eene evenredige afname van het zuurstofgehalte van de bodemlucht, zouden alle hoogere planten sterven. Geregelde verversching van de bodemlucht is dan ook eene absolute noodzakelijkheid. Een nooit onderbroken koolzuurstroom vloeit uit den bodem in den dampkring, terwijl omgekeerd uit den dampkring steeds eene aanvulling van het zuurstofgehalte van de bodemlucht plaats vindt.

Dat het koolzuurgehalte van de dampkringslucht, niettegenstaande de toevoer van koolzuur, zoowel door het ademhalingsproces van mensch en dier, als door dat van de bodemorganismen en de plantenwortels, toch vrij constant op 0,03 volumeprocenten blijft, wordt veroorzaakt, doordat de groene plantendeelen onder invloed van het zonlicht het koolzuur uit de lucht vastleggen, de koolstof tot koolhydraten verwerken en de zuurstof vrijmaken.

Tengevolge van de enorme koolzuurproductie in den bodem is het koolzuurgehalte van de bodemlucht zelfs bij uitstekende bodemventilatie, nog ongeveer tienmaal hooger dan dat van de dampkrings-

lucht en wel gemiddeld ongeveer 0,3 volumeprocenten. Intusschen kunnen plaatselijk, ook onder invloed van het gewas, betrekkelijk groote verschillen voorkomen. Zoo zal bijv. de zône van de plantenwortels rijk aan koolzuur zijn. Ook het gehalte aan organische stoffen in den bodem is van invloed op het koolzuurgehalte van de bodemlucht.

Zonder twijfel behoort eene goede bodemluchtverversching mede tot de belangrijkste factoren voor de productie; zij is minstens even belangrijk als de factoren water, plantenvoeding, zaad, temperatuur. Zooals reeds werd opgemerkt, komt de bodemluchtverversching neer op een toevoer van zuurstof en een afvoer van het teveel aan koolzuur. Over de oorzaken van de schadelijke werking eener onvoldoende bodemluchtverversching loopen de meeningen uiteen. Sommigen meenen deze oorzaken te moeten zoeken in het ontstaan van giftige bodembestanddeelen als ferroverbindingen of van schadelijke afscheidingsproducten van de planten zelve, die door den slechten luchttoevoer moeilijker ontleed worden; anderen denken alleen aan giftwerkingen van het gevormde koolzuur.

Alle factoren nu, die de structuur van zware gronden verbeteren, werken tevens gunstig op de luchtverversching. Op enkele punten moge hier nog nader de aandacht gevestigd worden.

Uit den aard der zaak werkt het vastworden van de bovenste laag van de bouwkruin een goede bodemluchtverversching tegen. Het korstig worden van deze bovenste laag wordt onder meer veroorzaakt door de heftige tropische regens, die den bodem dichtslaan, vooral bij zware gronden. De harde korst gaat de luchtcirculatie tegen en de planten kwijnen door gebrek aan zuurstof en overmaat aan koolzuur. Het eenige middel tegen deze kwaal is het fijnmaken van de bovenlaag (behakken, aanaarden). Over den invloed van deze bewerking op het behoud van den vochtigheidstoestand van den bodem wordt naar § 9 verwezen.

Met den regen mee dringt eene kleine hoeveelheid zuurstof den bodem binnen. Wanneer evenwel groote hoeveelheden water op het land komen, zooals bij zwaren, aanhoudenden regenval en overstrooming, dan sluit het water uit den aard der zaak den luchttoevoer af en verhindert eene verversching van de bodemlucht. Toch blijven zelfs bij een overstrooming met water nog aanzienlijke hoeveelheden lucht in den bodem capillair gebonden aanwezig, die het leven van de planten nog een tijdlang mogelijk maken.

Dit vraagstuk is van belang voor de natte rijstcultuur. Het schijnt, dat algen en andere lage organismen, die zich op de onder water staande rijstvelden aan de bodemoppervlakte ontwikkelen, een groote rol spelen bij de zuurstofvoorziening van de wortels van de rijstplanten. Natuurlijk, dat ook eene voorziening met versch zuurstofhoudend water nuttig werkt. Dit klopt geheel met het ook op Java bekende feit, dat stilstaand water veel minder gunstig is voor de ontwikkeling van de rijstplanten dan zacht stroomend water. Toch krijgen de wortels van de rijstplanten op het laatst van den groei dikwerf gebrek aan zuurstof; men kan de gewoonte van de inlanders in sommige streken om het water — vóór de slotirrigatie — van het rijstland te laten vloeien, met de bodemventilatie in verband brengen.

Het vraagstuk van de bodemluchtverversching is speciaal voor Indië van groot belang, omdat de wortels van drie van de voornaamste planten: suikerriet, indigo en tabak behoefte hebben aan veel bodemlucht; zij stellen in dit opzicht zeer hooge eischen. Eene zeer intensieve grondbewerking is noodig, vooral wanneer de cultuur van deze gewassen volgt op de natte rijstcultuur en de gronden dus ten behoeve van deze cultuur langen tijd onder water gestaan hebben. In alle handboeken wordt dan ook den nadruk gelegd op het groote nut van eene doelmatige grondbewerking ná den natten rijstbouw (zie bijv. Hoofdstuk „Suiker" in Deel II).

Cultuurziekten. Vele plantenziekten ontstaan door de aanwezigheid van mikroörganismen, die zich snel in het gewas kunnen verspreiden, alle planten aantasten en zelfs de gezondste exemplaren met het grootste weerstandsvermogen, doen kwijnen. Er zijn evenwel ook ziekten, die voortspruiten uit een gering weerstandsvermogen, als gevolg van ongunstige omstandigheden, waaronder het gewas groeien moet. Dergelijke ziekten kan men cultuurziekten noemen. Het zal niet altijd gemakkelijk zijn uit te maken, of men met eene bacterie-ziekte of met een cultuurziekte te doen heeft. In vele gevallen zal het wel zóó gelegen zijn, dat een bacterie de ziekte direct veroorzaakt, maar dat ongunstige omstandigheden de ziekte in de hand werken, zoodat de plant de kracht mist er weerstand aan te bieden en er doorheen te groeien.

Reeds in 1901 werd door ons bij de tabaksbemestingsproeven op Deli getracht gunstiger groeivoorwaarden op de zware kleigronden voor de tabak in het leven te roepen en stelden wij de vraag, of ten-

gevolge van deze gunstiger groeivoorwaarden eene plantenziekte als de mozaïkziekte òf in mindere mate òf later zou kunnen optreden (zie *Mededeelingen uit 'sLands Plantentuin*, No. 60, blz. 144).

In vele gevallen is het vooral het bodemmilieu, dat in ongunstige omstandigheden verkeert. Misschien kunnen vele rottingsverschijnselen in de wortels als cultuurziekten opgevat worden. Door betere grondbewerking en vooral door te zorgen voor een goed uitgezuurden en goed ventileerenden bodem zijn dergelijke ziekten in de eerste plaats te bestrijden. Mogelijk behooren ziekten als het wortelrot van het suikerriet en de slijmziekte van de tabak tot de cultuurziekten.

Wij wenschen ons op het gebied van de phytopathologie, dat ons volkomen vreemd is, niet al te ver te begeven, maar toch zou men den deskundigen in dit vak af en toe wel eens in overweging willen geven deze beschouwingen ter harte te nemen. Dit althans was de gedachte, die bij ons opkwam, toen wij in de overigens zeer interessante artikelen van Dr. J. A. Honing over „De oorzaak der slijmziekte en proeven ter bestrijding", in de „*Mededeelingen van het Deli-Proefstation*", 5[de] jrg., 1910—1911, blz. 347, het volgende lazen: „Dat het ziek zijn der bibit niet de eenige oorzaak is van het verlies „in de uitgeplante tabak bleek op een onderneming, grenzende aan „de boven besprokene. Daar was in een pama zeer veel gestorven of ziek „en in de nabijgelegen zaadbedden was de ziekte ook vrij spoedig „gevonden. Maar toch was dat niet de verklaring voor het vele dood„gaan, zooals ik eerst dacht, want bibit uit een andere kongsie, die „op hoog land gezonde boomen opleverde, stierf in die pama in bijna „even groot aantal. Hier was dus de grond, die onder water gestaan „had, besmet". Ook op de volgende pagina (348) wordt als oorzaak van het optreden der ziekte het besmet zijn van den grond genoemd. Ook hier had het terrein weer gedeeltelijk onder water gestaan. Men kan zich dit alles lezende, niet onthouden van den raad te geven, deze terreinen voor overstrooming te vrijwaren of beter op afwatering te leggen, zoodat de grond vóór de cultuur van de tabak goed uitgezuurd is en de lucht er flink kan binnendringen.

Ten slotte staat misschien één van de moeilijkste vraagstukken van de cultuur der Deli-tabak in verband met het vraagstuk van de bodemluchtververversching. Bedoeld wordt de vraag, waarom het niet mogelijk is, in Deli tabak nà tabak te verbouwen, waarom zelfs een

vrij groot aantal jaren — ongeveer zeven à acht — moeten verloopen, vóórdat opnieuw tabak op het oude terrein verbouwd kan worden. Allerlei hypothesen kunnen gesteld worden. Dat de bodem slechts voor één oogst de beschikking zou hebben over voldoende voedingsstoffen in gemakkelijk opneembaren vorm, lijkt niet waarschijnlijk. Dit tekort ware bovendien door bemesting aan te vullen. Vaak hoort men, dat de vijanden van de tabak zich tijdens den eersten oogst in die mate ontwikkeld hebben, dat een tweede gewas, dat onmiddellijk op het eerste volgt, ten gevolge van ziekten en beschadigingen te gronde zou gaan. Dit klopt evenwel niet met de feiten; het tweede gewas geeft meer het beeld van een kwijnend bestaan te lijden, dan dat het door bepaalde ziekten is aangetast. In de laatste jaren is, vooral in Amerika, de theorie opgeworpen, dat elke plant een giftstof afscheidt, schadelijk zoowel voor de plant zelve, als voor het volgende gewas. Sommigen meenen nu, dat deze giftstof niets anders is dan het koolzuur. In allen geval schijnt eene goede bodemluchtverversching al die toxinen — zoo zij al bestaan — onschadelijk te maken. Ten slotte is de meest gangbare verklaring, die reeds van VAN BEMMELEN afkomstig is, deze, dat de structuur van den bodem reeds door één oogst een ingrijpende verandering ondergaat. Nu is het begrip „bodemstructuur" voorloopig nog een zeer vaag begrip, wat wel hieruit het duidelijkste blijken kan, dat er geen methode is om de bodemstructuur te bepalen. Maar men gevoelt toch, dat wat men bodemstructuur noemt, in verband staat met begrippen als poreusiteit, losheid, toegankelijkheid voor lucht. En mogelijk gaat het er op Deli wel om, dat de tabak, die bekend staat als een gewas met een groote behoefte aan bodemlucht, het tweede jaar over te weinig lucht te beschikken heeft. En daar ware reden voor. De tropische regens slaan den bodem dicht en een koud jaargetijde ontbreekt om zijn goede werking op het herstel van de verloren bodemstructuur te doen gelden. Eén van de middelen om de bodemstructuur te herstellen is het aanplanten van diep wortelende gewassen of het reboiseeren en men zou dus de resultaten van eene reboisatie vooral moeten zoeken in een losmaken van den bodem, zoodat deze toegankelijk wordt voor de lucht. Maar dan is het ook noodig, dat de wortels van de boomen vóór het uitplanten van de tabak zoo goed als geheel verteerd zijn. Is dit niet het geval, verzuren de wortels, bijv. in een waterrijke streek, die niet goed gedraineerd is,

dan wordt er zeker geen goed milieu voor de komende tabakswortels geschapen. En in zoo'n geval kunnen wij ons voorstellen, dat de lalang beter voldoet dan bosch (zie *Mededeelingen Deli Proefstation* 5e jrg., 348).

Wij hebben het bovenstaande nog eens in het midden willen brengen, omdat het misschien gegevens bevat, die mede kunnen leiden tot het oplossen van het vraagstuk van den wisselbouw op Deli.

Onderzoekingen van Kobus en Marr. Met een enkel woord mogen hier ten slotte de onderzoekingen van KOBUS en MARR besproken worden *(Archief Java-Suikerindustrie).* De directe aanleiding tot deze onderzoekingen was het afsterven van suikerriet, dat vooral in Oost-Java op een aantal ondernemingen werd waargenomen (wortelrot). Waarnemingen omtrent dit afsterven leidden tot de veronderstelling, dat men hierbij niet met eene ziekte van het riet te doen had, maar met vergiftigingsverschijnselen, wier oorzaak in den bodem te zoeken was. Het doel van dit onderzoek was dus, om na te gaan of inderdaad een der grootste voordeelen van de zoo noodige intensieve grondbewerking ná de natte rijstcultuur daarin gelegen was, dat hierdoor eene sterke verkruimeling werd verkregen, waardoor het toetreden van zuurstof weder mogelijk werd gemaakt. Reeds in 1906 trekken de onderzoekers de conclusie, dat men voor zuurstofgebrek op verre na zoo bang niet behoeft te zijn, als men zoude verwachten, naar aanleiding van de steeds weer herhaalde opmerkingen betreffende de onvoldoende doorlatendheid van den bodem voor lucht. In 1908 uit MARR zich nog positiever en beschouwt de volgende punten als met voldoende zekerheid bewezen: Onze gronden hebben eene relatief zeer groote doorlatendheid voor lucht. De door ons vroeger geconstateerde groote verschillen in het koolzuurgehalte van de bodemlucht in dicht bij elkander gelegen plekken worden veroorzaak door verschil in koolzuurproductie op die plekken zelf en niet of slechts in zeer geringe mate door koolzuurophooping als gevolg van de ondoorlatendheid. Deze groote doorlatendheid voor lucht maakt, dat humuszuren niet in schadelijke hoeveelheden kunnen ontstaan en het nut van het uitzuren kan dus niet daarin bestaan, dat deze daardoor zouden verdwijnen. Het uitzuren doet veel meer nut als een middel ter verbetering der mechanische structuur van den grond, die bij het openliggen gelegenheid krijgt door herhaald uitdrogen en vochtig worden weer in de vroegere kruimelstructuur over tegaan, die in den tijd, dat hij bebouwd was, gedeeltelijk verloren was gegaan. Door deze structuur

verbetering krijgen de plantenwortels ruimte om te groeien en de plant schiet flink op; verder kunnen er natuurlijk chemische werkingen, als bijv. toenemende verweering, bij in het spel zijn. Ook na den rijstoogst is de bodem nog volstrekt niet ondoorlatend geworden door dichtslaan of zetten, de humusontleding gaat daarin nog langen tijd ongestoord normaal voort.

Tot zoover MARR, die dus tot geheel andere conclusies komt dan zij, die in de grondbewerking vooral een middel zien, om eene goede bodemluchtververscbing tot stand te brengen. MARR wil dus door eene grondbewerking alleen eene verbetering van de bodemstructuur verkrijgen, ten einde de plantenwortels betere gelegenheid tot groeien te geven. Zoolang nog niet uitgemaakt is, welke van beide opvattingen de juiste is, kan de praktijk zich troosten met de gedachte, dat eene rationeele grondbewerking ter verbetering van de bodemstructuur volgens beide als een van de eerste vereischten voor een goed gedreven cultuur wordt beschouwd.

Invloed van de kalk op de structuur van den bodem. Zooals bekend is, geven de meeste kleigronden, met zuiver water geschud, een troebele vloeistof, die ná lang staan minder en minder troebel wordt, doch gewoonlijk zelfs na maanden aan zichzelve te zijn overgelaten, nog eene meer of minder zwakke opaliseering vertoont. Dit verschijnsel is toe te schrijven aan het voorkomen van zeer kleine deeltjes in de klei, die successievelijk, al naar gelang van hunne afmetingen, bezinken; ten slotte zijn nog slechts deeltjes aanwezig, die voortdurend in zwevenden toestand blijven.

Het is nu mogelijk de troebele vloeistof, ontstaan door schudden van klei met water, binnen korten tijd volkomen helder te maken. Verschillende verbindingen toch vlokken de kleisuspensie — en ook andere suspensie's — uit, doordat de kleine kleideeltjes zich onder invloed van deze chemische verbindingen tot grootere vlokken samenballen en tengevolge daarvan spoediger bezinken. Tot de chemische verbindingen, die dit uitvlokkingsvermogen ten opzichte van kleisuspensie's bezitten, behooren tal van in water oplosbare zouten en zuren, als bijv. keukenzout, zwavelzuur, azijnzuur, aluminiumsulfaat, aluin . . . . om slechts enkele te noemen. Ook kalk en kalkzouten bezitten nu dit vermogen.

Zooals reeds werd opgemerkt, werken verschillende basen, als kaliloog, natronloog, soda, ammonia juist tegenovergesteld. Hunne

waterige oplossingen bezitten niet alleen geen uitvlokkingsvermogen, doch zijn integendeel in staat de kleideeltjes langer in suspensie te houden dan zuiver water doet. Ze werken suspendeerend of ontvlokkend.

Na deze beschouwingen kunnen wij kort zijn over de gunstige werking van de kalk in de praktijk op de structuur van den bodem. De kalk vlokt de fijne deeltjes, die in suspensie zijn, uit, tengevolge waarvan deze samenballen en spoedig bezinken; ditzelfde proces zal ook plaats vinden in den bodem en het gevolg zal zijn, dat een rationeel bekalkte bodem een korrelige structuur verkrijgt, zoodat lucht en water kunnen toetreden en de bodem gemakkelijk te bewerken wordt. Vindt het uitvlokken niet plaats, oefenen integendeel stoffen als natronloog en natriumcarbonaat eene devlokkuleerende werking [1]) op de kleideeltjes uit, dan ballen deze niet tot vlokken samen, doch blijven gesuspendeerd, verstoppen den bodem en zetten zich bij het indrogen als een moeilijk doorlaatbaar laagje om de grootere kruimels af.

Welke gunstige resultaten in vele gevallen eene zelfs soms zware kalkbemesting ook moge hebben afgeworpen, men dient toch, vooral in een klimaat als Indië, dit middel tot grondverbetering met groote omzichtigheid toe te passen. Veel en zwaar kalken mergelt den bodem sterk uit, doordat de kalk de andere basen, als kali en magnesia verdringt. Bovendien kan de lucht, tengevolge van de meer kruimelige structuur beter toetreden, waardoor de humus zich sneller omzet (zie over dit punt blz. 128). Is dit alles in een vochtig, koel klimaat in sommige gevallen, bijv. bij gevaar voor de vorming van zuren humus, zeer wenschelijk, in een tropisch klimaat, waar om verschillende redenen juist op het behoud van humus is te letten, kan kalken zeer nadeelige gevolgen hebben. Zoo deelt Marr mede, dat tengevolge van het opbrengen van groote hoeveelheden kalk op zware suikerrietgronden (Java) in latere jaren de grondbewerking wel veel gemakkelijker ging, maar dat daarna de grond eene roode kleur had aangenomen, zoodat de Javaansche verhuurders zich tegen het gebruik van kalk verzetten. Het is in dit geval beter te trachten eene structuurverbetering van zware kleigronden te verkrijgen door groene bemesting met dieplewortelende gewassen; door het aanplanten van stikstofverzamelaars kan dan het stikstofgehalte van den bodem tevens verhoogd worden.

[1]) Men spreekt hier ook van peptiseerende werking, om de overeenkomst van dit proces met de inwerking van pepsine en zoutzuur op eiwit.

§ 9. De bodem ten opzichte van het water.

De bodem houdt het water grootendeels absorptief gebonden. Of de bodem vocht opneemt uit of omgekeerd afstaat aan de lucht, hangt af van de spanning van den waterdamp in bodem en atmosfeer. Een in den drogen moesson luchtdroog opgeborgen grondmonster trekt in den natten moesson eene aanzienlijke hoeveelheid water tot zich. Om deze reden werd bij de definitie van hygroscopisch gebonden water uitgegaan van de boven zwavelzuur van 10 % gedroogde aarde.

Behalve het sterk gebonden en het hygroscopische water kan de bodem nog meer water opnemen en in zijn poriën capillair vasthouden; deze eigenschap heet de *watercapaciteit* van den bodem. In cijfers uitgedrukt is de watercapaciteit de hoeveelheid water, die 100 gram boven zwavelzuur van 10 % gedroogde aarde in haar geheel capillair kan vasthouden. Zandgronden bezitten eene watercapaciteit van ongeveer 20—30; klei- en laterietachtige gronden van ongeveer 30—40. Een hoog humusgehalte, zooals dat der zwarte Deligronden, doet de watercapaciteit tot 50—60 stijgen.

Zooals wij reeds opmerkten, voeren bodem en plant, vooral in droge tijden, een strijd om het bezit van het water. Klei- en humusgronden blijven weliswaar langer vochtig, omdat ze het water lang vasthouden, maar zij staan het aan den anderen kant ook moeilijker aan de planten af. De planten beginnen reeds te verwelken, wanneer het watergehalte ongeveer driemaal zoo groot is als het hygroscopisch gebonden water; zij sterven echter af, wanneer nog slechts hygroscopisch gebonden water aanwezig is (zie tabel V).

Willen de planten derhalve leven, dan moet er meer water aanwezig zijn dan het hygroscopische. Te veel water is echter nadeelig: de bodem verzuurt. Er is voor elken grond eene optimum hoeveelheid water, waarbij de planten zich het beste ontwikkelen kunnen. Voor de meeste gronden ligt deze bij 60 % van de watercapaciteit.

Een gedeelte van het regenwater, dat in den bodem dringt, zakt naar diepere lagen, waar het voorloopig als reservekapitaal voor droge tijden bewaard blijft. Niet al het regenwater komt echter den bodem ten goede; een gedeelte loopt langs de oppervlakte weg of blijft daar in plasjes staan, om later te verdampen. Goed bewerkte grond neemt meer water op dan een bodem met harde bovenlaag, waar het water

moeilijk indringt. Door eene goede grondbewerking en andere maatregelen moet de bodem in de kruimelstructuur gehouden worden,

TABEL V.

Grondsoort:	Veengrond.	Humeus zand.	Zand.	Leemig zand.	Zandig leem.	Zware klei.	*Opmerkingen*:
	Watergehalte in procenten van den bij 105° C. gedroogden bodem.						
	Hygroscopisch gebonden water.						
Gewas:	18.9	2.0	1.1	1.5	2.4	23.8	
Haver:	65.0	6.6	4.1	4.7	5.7	—	begint te verwelken.
	23.6	2.2	0.9	—	2.4	—	sterft af.
Roode klaver:	19.4	2.9	1.1	1.6	3.0	18.2	sterft af.

waardoor de watercapaciteit stijgt. Verder dient er steeds voor goede afwatering (slooten, greppels, draineeren) gezorgd te worden, opdat het land niet nat blijft staan.

Bij droogte verliest de bouwkruin water, hetwelk door de capillaire werking van den bodem uit de onderste lagen wordt aangevuld. De capillaire stijghoogte is voor verschillende gronden zeer uiteenloopend. Zij hangt af van de grootte der deeltjes en is voor grofkorrelig zand zeer klein, bereikt echter voor fijn zand en klei aanzienlijke waarden. In 8 dagen stijgt het water in zand van eene korrelgrootte tusschen 1 — 2 mM. slechts 6 cM. hoog; in zand van ongeveer 0.1 mM. korrelgrootte reeds ongeveer 50 cM. Humusachtige stoffen zuigen het water door imbibitie op en vergrooten de stijghoogte.

Juist in den drogen tijd is het zaak, dat de planten het aanwezige bodemwater zooveel mogelijk voor hun groei kunnen aanwenden en dat dit water zoo weinig mogelijk ongebruikt in de atmosfeer verdampt. Wij moeten derhalve maatregelen nemen, die de verdamping uit den bodem zelf tegengaan. Door het fijnmaken van de bovenste laag nu vermindert de verdamping van het water uit den grond zeer belangrijk. Hierdoor worden de capillaire waterwegen afgebroken en kan het

water niet meer tot in de bovenste lagen stijgen. Een tweede voordeel van het behakken van den bodem is bovendien de verwijdering van het onkruid, hetgeen onnoodig waterverbruik voorkomt. En ten slotte komt de bouwkruin tengevolge van het fijnmaken van de bovenste laag in een toestand, waarin het regenwater beter wordt opgenomen dan door eene harde bovenlaag, zoodat van kleine buitjes in drogen tijd meer geprofiteerd wordt. Natuurlijk is de verdamping van het bodemwater nog beter tegen te gaan door het opbrengen van eene bovenste laag, die eene geheel andere physische structuur bezit, zooals bijv. het strooisel op den boschgrond.

Wij moeten ook bedenken, dat het uit de onderste lagen door capillaire werkingen opstijgende water verschillende opgeloste stoffen meevoert. Bevat de ondergrond dus zouten, dan stijgen die mee naar boven en kunnen daar voor den plantengroei nadeelig worden. Zoo deelt WINTER een geval mede van een tuin, waarin het suikerriet niet wilde groeien en waarvan het grondwater rijk bleek te zijn aan chloorcalcium en chloormagnesium.

Plasticiteit. Plasticiteit is de eigenschap van den bodem, met water eene kneedbare massa te vormen, die na drogen hard wordt. Zware gronden zijn in hooge mate plastisch; duingronden missen deze eigenschap. Er moet dus wel een zeker verband bestaan tusschen plasticiteit en gehalte aan fijne deeltjes; de sterk plastische kleigronden zijn rijk aan fijn materiaal, terwijl dit in het niet-plastische zand niet of nagenoeg niet voorkomt.

Er zijn verschillende middelen, welke de plasticiteit kunnen verminderen en dat blijken juist die middelen te zijn, welke het kolloidchemische evenwicht in den bodem verschuiven, d.w.z., die de fijne deeltjes uitvlokken. Wij zagen reeds, dat kalken en toevoer van humus als zoodanig werken. Het blijkt dan ook, dat kalken en ook humustoevoer de plasticiteit van den kleibodem vermindert. Ook ijzerzouten werken uitvlokkend op de kleideeltjes in. Het komt ons voor, dat hieraan de betrekkelijk geringe plasticiteit van verschillende, door ijzerverbindingen rood gekleurde gronden, te danken is. Zoo is de roodbruine Deli-aarde (tabel IV) niet zeer plastisch en dat niettegenstaande het hooge gehalte aan fijne deeltjes. Na drogen vormt deze grondsoort geen harde, moeilijk te bewerken massa, doch valt reeds bij geringen druk korrelig uiteen. Ook verschillende laterietachtige gronden vertoonen ditzelfde verschijnsel.

Aangezien nu juist al deze roode en roodbruine gronden in Indië meerendeels bezig zijn te lateritiseeren en dus een vrij basisch silikaat bevatten, heeft VAN BEMMELEN vroeger gemeend, dat er verband bestond tusschen de basiciteit van het verweeringssilikaat en de plasticiteit van den bodem. Zooals reeds gezegd, komt het ons voor, dat in de elkander onderling uitvlokkende werking van de ijzer- en kleideeltjes de oorzaak van de betrekkelijk geringe plasticiteit van deze gronden gezocht moet worden.

Zooals reeds werd opgemerkt, gaat de plasticiteit bij verhooging van het gehalte aan meer zanderige deelen (stofzand) achteruit. Zoo was bijv. de plasticiteit [1]) van eenige door MOHR onderzochte gronden uit Demak resp. 33, 27 en 18, wat overeenkwam met het afnemende gehalte van deze gronden aan fijne kleideeltjes (kolloïdale klei). Merkwaardig is het nu echter te zien, hoe gelijktijdig de kracht van samenhang in absoluut drogen toestand in volkomen omgekeerden zin verloopt (48, 71, 96). Kolloïdale klei moge dus het bindmiddel bij uitnemendheid zijn en dit in natten toestand volkomen tot ieder gehalte in den grond, als de grond droog is, gaat — boven zekere grens — met vermeerdering van de klei de samenhang verloren, de grond barst en valt uiteen. Vandaar, dat de gronden, die droog de hardste kluiten geven, dezulke zijn, die naast een flink gehalte aan klei een even flink gehalte aan stof en stofzand bevatten.

[1]) Zie voor de beteekenis van deze cijfers o.a. Physisch Bodemonderzoek door Dr. D. J. HISSINK, *Indische Mercuur* van 2 Juni 1916, welk artikel gewijd is aan eene bespreking van Dr. MOHR's mededeeling: „De methoden van ATTERBERG ter bepaling van Consistentiecijfers en de uitkomsten daarmede verkregen aan gronden van Java en Madoera".

HOOFDSTUK III.

Het onderzoek van den bodem.

Het is een bekend feit, dat planten, zelfs wanneer ze in water vlak naast elkander groeien, de bestanddeelen uit dit water in zeer ongelijke mate opnemen. Zoo bleken bijv. scheeren en kranswier, die naast elkander in dezelfde sloot groeiden, resp. 30,82 % en 0,23 % kali in de asch te bevatten; in het slootwater kwamen op 1000 deelen slechts 0,0054 deelen kali voor [1]).

Ook de samenstelling van den bodem, op welke wijze dan ook bepaald, zal ons niets zeggen omtrent de mogelijkheid voor verschillende planten om in dien bodem te groeien; beter gezegd, geheel onafhankelijk van de samenstelling van den bodem is het mogelijk op dien bodem planten van zeer uiteenloopende eischen op het punt van voeding te laten groeien, mits natuurlijk de onontbeerlijke plantenvoedingsstoffen niet absoluut ontbreken [2]). Zelfs indien een bodem slechts sporen kali bevat, zal het een plant toch nog wel gelukken uit dezen bodem hare behoefte aan kali te dekken.

---

[1]) Zie pag. 268.

[2]) Sommige planten zijn rijk aan metalen, die slechts zeldzaam in den bodem voorkomen en kunnen natuurlijk in een bodem, waarin deze metalen ontbreken, niet groeien. Zoo bevat de asch van het gewone vingerhoedskruid (digitales purpurea) groote hoeveelheden mangaan. Sedert lang heeft men nu getracht digitales purpurea in Zwitserland in het groot aan te kweeken. Dit lukte echter niet, hoeveel moeite men zich ook getroostte. Daarentegen wilden deze planten elders, o.a. in de Vogezen, in den Harz, in Thuringen, enz, heel goed groeien. De groei van het gewone vingerhoedskruid hangt blijkbaar van het mangaangehalte van den bodem af. De bodem bestaat in den Elzas, waar de plant uitstekend wil tieren, uit ijzerhoudende zandsteen, die 0,43 % mangaan bevat; in de asch van het vingerhoedskruid vond men daar 9,02 % mangaan en 0,8 % ijzer. In Zwitserland komt derlijke mangaanhoudende zandsteen niet voor en daarom is deze plant in de flora van Zwiterland niet vertegenwoordigd.

Men gevoelt evenwel, dat de vraag, of het mogelijk is eenige individuen op zekeren bodem tot een vrij kwijnend bestaan te brengen, geheel iets anders is dan de vraag, of die bodem voor de *cultuur* van deze planten geschikt is. Op een armen zandgrond, die slechts sporen phosphorzuur en basen bevat, zullen roggeplanten zich nog wel ontwikkelen, maar eerst door bemesting met stikstof, phosphorzuur en basen wordt deze zandgrond voor de roggecultuur geschikt.

Onder de groeivoorwaarden voor de plant speelt ook de factor bodem een belangrijke rol en de studie van dezen factor mag dus niet achterwege blijven.

Het bodemonderzoek kan zijn physisch, chemisch, mineralogisch en bacteriologisch. In het volgende hoofdstuk worden de omzettingen behandeld, welke de bodem onder invloed van verschillende mikroben ondergaat en wij zullen dan zien, dat het aantal en de soort der bodemmikroben en in nog hoogere mate hare werkzaamheid, welke door de geproduceerde hoeveelheid koolzuur gemeten kan worden, zonder twijfel een maatstaf voor de vruchtbaarheid van den bodem is. Hier wordt nader op het physisch en chemisch bodemonderzoek ingegaan.

§ 10. Physisch bodemonderzoek.

Iedere landbouwer en zelfs ieder die grond bezit, stelt een onderzoek in naar de physische geaardheid van de verschillende grondsoorten, die hij bebouwt of bezit en hij onderscheidt dan op grond van dit onderzoek zijne gronden in lichte en zware gronden en in de verschillende nuances, die tusschen licht en zwaar in liggen. Reeds een dergelijk onderzoek, hoe oppervlakkig dit ook moge geschieden, geeft den landbouwer een vrij goed inzicht in verschillende eigenschappen van zijne grondsoorten en dat niet alleen in physisch, doch ook eenigermate in chemisch en zelfs in biologisch opzicht. Hij weet, dat zware, stijve kleigronden moeilijk te bewerken zijn; dat zij de lucht slecht binnenlaten, wat tot verzuring aanleiding kan geven, terwijl ook het bacterieleven zich in sommige gevallen in deze gronden niet zóó gunstig zal ontwikkelen, als hij wel wenscht; maar hij weet ook, dat deze gronden rijk zijn aan kleine bodemdeeltjes — de eigenlijke kleisubstantie — en dat deze deeltjes eene groote hoeveelheid voedende bestanddeelen bevatten en vooral, dat kleigronden een groot absorptievermogen bezitten, zoowel voor water als voor de meeste voedende bestanddeelen. Het bebouwen

van deze gronden is dus meer een physisch dan een chemisch vraagstuk.

Omgekeerd weet iedere landbouwer, dat zandgronden gemakkelijk te bewerken zijn, doch weer in chemisch opzicht alle aandacht vragen — alleen bij zware bemestingen kunnen deze gronden groote oogsten opbrengen.

Wanneer de wetenschappelijke bodemonderzoeker zich nu op het gebied van het physisch bodemonderzoek gaat bewegen, dan doet hij dit natuurlijk met het einddoel, om aan de praktijk adviezen te kunnen geven. Vraagt men zich nu af, in welke mate hem dit tot nu toe gelukt is, dan luidt het antwoord niet zeer bemoedigend. Men kan daartegen dan weer de opmerking maken, dat de praktijk toch slechts op zeer ruwe wijze eene verdeeling kan maken in lichte en zware gronden en aan deze opmerking toevoegen, dat deze verdeeling, wanneer zij door den praktischen landbouwer op het veld plaats vindt, altijd van zeer subjectieven aard moet zijn. In een streek van zware gronden zal een minder zware kleigrond al reeds tot de lichtere gerekend worden, terwijl de kans bestaat, dat dezelfde grondsoort, gelegen te midden van zandgronden, als zware kleigrond zal worden gekwalificeerd. Het physisch bodemonderzoek kan natuurlijk bij dit subjectieve onderzoek eenige hulp verleenen, maar het blijkt uit allerlei onderzoekingen van den laatsten tijd wel, dat het practisch nut van dit onderzoek voorloopig nog niet heel groot is.

Het is vooral de onlangs gestorven Zweedsche onderzoeker Albert Atterberg geweest, die getracht heeft verschillende physische grootheden van den bodem nauwkeurig te omschrijven en te meten. Wij volstaan met hen, die in dit onderwerp belang stellen naar de betreffende literatuur te verwijzen [1]) en bepalen ons hier tot eene bespreking van het mechanisch bodemonderzoek.

§ 11. De mechanische bodemanalyse.

Grond bestaat uit deeltjes van verschillende grootte en de mechanische bodemanalyse tracht nu een middel aan de hand te geven om de grootte van de gronddeeltjes te bepalen, beter gezegd om de gronddeeltjes in groepen van verschillende grootte te vereenigen.

---

[1]) Zie o.m. Physisch Bodemonderzoek in de *Indische Mercuur* van 2 Juni 1916.

In korte trekken komt elke methode van het mechanisch bodemonderzoek hierop neer, dat de grond — na de een of andere voorbereiding — door zeven en door de werking van het water in groepen van deeltjes van verschillende grootte gesplitst wordt. De werking van het water kan op tweeërlei wijze geschieden — òf door stroomend water te gebruiken zooals in de slibapparaten van SCHÖNE en dergelijke — òf door de bodemdeeltjes in stilstaand water te laten bezinken, zooals in de slibcylinders van KÜHN, ATTERBERG en anderen. Zoo bevinden zich bijv. in een waterkolom van 10 cM. hoogte nà 8 uur stilstaan nog slechts deeltjes kleiner dan 2 micron middellijn (dat is 0,002 mM.). Een deeltje van 2 micron legt bij ongeveer 15° Celsius in 8 uur juist een weg van 10 cM. af; grootere deeltjes doen korter, kleinere deeltjes langer over dezen afstand.

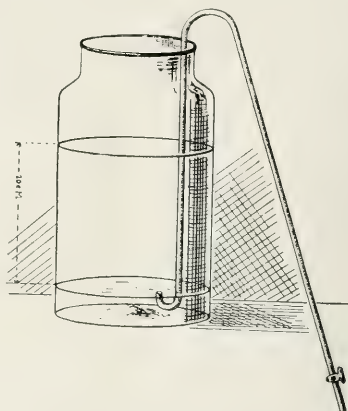


Fig. 10.
Slibcylinder volgens Kühn.

Ten slotte is het dan nog de vraag tot welke groepen de bodem deeltjes vereenigd moeten worden. Op dit punt heerscht bij lange na nog geen eenstemmigheid. Ieder land heeft ongeveer zijn eigen indeeling. In den laatsten tijd is er eene strooming om de volgende groepeering aan te nemen:

Fractie	I	deeltjes	kleiner dan	0,002	mM.;
„	II	„	van	0,002—0,02	„ ;
„	III	„	„	0,02 —0,2	„ ;
„	IV	„	„	0,2 —2	„ ;

De methode van het mechanisch bodemonderzoek zou nu weinig moeilijkheden opleveren, wanneer de gronddeeltjes alle los van elkander waren. De methode zou dan alleen neerkomen op eene scheiding van deze deeltjes in groepen. Dit is nu niet het geval. De gronddeeltjes kleven aan elkander en het bindmateriaal wordt gevormd door de humus, de koolzure kalk en de uitgevlokte hydrogels van aluminium-, ijzer- en siliciumoxyde. Een onderzoek van het monster, zooals het genomen wordt of op het laboratorium inkomt, zonder ééne enkele voor-

bewerking, zou bij sommige zandgronden nog gaan, doch is absoluut onmogelijk bij gronden, die een merkbaar gehalte aan fijne deeltjes of humus bezitten. Iedere methode van mechanisch bodemonderzoek bestaat dan ook uit twee deelen: het los maken van de deeltjes en daarna de scheiding dezer deeltjes in groepen van verschillende afmetingen.

Uit een uitvoerig onderzoek[1]) is het nu gebleken, dat de resultaten, bij het mechanisch bodemonderzoek verkregen, juist in hooge mate afhangen van de voorbewerking, die men den bodem doet ondergaan. Eene uniforme werkwijze is vooral op dit punt noodzakelijk. Het aantal wijzen, waarop de bodem voorbereid wordt, is evenwel zeer groot. Men kan hier twee groote groepen onderscheiden. Sommige onderzoekers willen den bodem zoo weinig mogelijk verandering doen ondergaan; zij wrijven gewoonlijk het monster zoo voorzichtig mogelijk met den vinger fijn. Tot deze groep behoort o.a. de Geologische Landesanstalt te Berlijn en ook HILGARD in Canada. Andere onderzoekers daarentegen willen de bodemdeeltjes zooveel mogelijk los van elkander krijgen. Tot deze groep behoort bijv. in Duitschland PFEIFFER, die herhaaldelijk met water kookt, verder Engeland, waar het voorschrift is aanroeren met verdund zoutzuur en afslibben met verdunde ammonia en Amerika, dat krachtig gedurende zes uren met verdunde ammonia schudt. Deze laatste methode is ook door de bodemkundige afdeeling van 's Lands Plantentuin te Buitenzorg onder MOHR overgenomen. De Zweed ATTERBERG en de Egyptenaar BEAM nemen een plaats in, eenigszins tusschen deze beide groepen. Zij roeren den grond herhaaldelijk met water aan en herhalen dit proces zóólang, totdat zij practisch een eindpunt bereikt hebben.

Ten einde nu een keuze tusschen deze twee groepen te kunnen doen, moeten wij ons afvragen wat het doel van het mechanisch bodemonderzoek is. Het doel van dit onderzoek kan nooit wezen, om de bodemstructuur vast te stellen, omdat de bodemstructuur slechts ten deele afhangt van de grootte van de deeltjes — zij wordt mede bepaald door die bodembestanddeelen, welke de afzonderlijke bodemdeeltjes tot kruimels bijeen houden.

Het doel van het mechanisch bodemonderzoek is enkel en alleen, om de gronddeeltjes in groepen van verschillende afmetingen

[1]) Zie de voordracht over „De methode van het mechanisch bodemonderzoek" in het jaarverslag van de vereeniging „Studiebelangen" te Wageningen over 1915/16.

te vereenigen. Wat daardoor bepaald wordt, zullen wij noemen de mechanische samenstelling of de textuur van den bodem. De voorbewerking van den bodem moet er dus op gericht zijn, om de deeltjes zooveel mogelijk los van elkander te krijgen, zonder daarbij de massieve bodemdeeltjes te verbrijzelen. Hiervoor komt naar onze meening in aanmerking de Engelsche methode, die den bodem met koud verdund zoutzuur aanroert en verder met verdunde ammonia afslibt.

Hier volgen eenigen cijfers met deze methode verkregen.

Fractie (zie blz. 108).	I.	II.	III.	IV.
Zware kleigrond (Betuwe) . .	56,0	28,5	6,6	0,8
Kleigrond (Betuwe)	35,3	21,4	26,8	11,5
Rood zand (Veluwe)	3,6	1,7	46,7	47,4
Indisch zand (Pasoeroean) . .	4,2	1,8	16,7	74,1

Duidelijk verschil tusschen bodemtextuur en bodemstructuur. Het mechanisch bodemonderzoek heft dus de verschillen in bodemstructuur op. Een zeer sprekend voorbeeld hiervan geven sommige bodemtypen, die rijk zijn aan kleine kleideeltjes — en onder klei wordt dan een soort aluminaat-silikaat verstaan — en tegelijk veel ijzer in los gebonden vorm bevatten.

Houtman (Java) geeft voorbeelden van dergelijke gronden met een gehalte van 54 tot 63 % afslibbare deelen (kleiner dan 2 micron), die niettegenstaande dit hooge gehalte, vrij licht zijn en goed te bewerken, terwijl daarnaast zware, moeilijk te bewerken kleigronden voorkwamen, die slechts ongeveer 35 tot 55 % afslibbare deelen bleken te bevatten. De eerstgenoemde gronden danken hunne gunstige physische geaardheid aan de ijzerzouten, welke uitvlokkend op de klei werken, zoodat zich kruimels, vlokken vormen.

Practische beteekenis van het mechanisch bodemonderzoek. Hoewel de beteekenis van het mechanisch bodemonderzoek voor de praktijk voorloopig niet hoog is aan te slaan, kunnen twee groote gebieden, de landbouw en de geologie, toch wel eenig nut van dit onderzoek trekken bij het vaststellen van het bodemtype.

Bij het klassificeeren van de gronden zal men echter niet enkel de hulp van het mechanisch bodemonderzoek hebben in te roepen, doch tevens een uitgebreid scheikundig en soms ook een mineralogisch

onderzoek hebben in te stellen. Maar aangezien scheikundige en mineralogische onderzoekingen nog al veel tijd vorderen, stelde HALL, destijds directeur van het bekende proefstation in Rothamsted, voor, bij een bodemkarteering van een groot aantal gronden de mechanische samenstelling te bepalen, benevens het gehalte aan koolzure kalk en aan organische stof (en stikstof), om daarna van de typische representanten een volledig scheikundig onderzoek te verrichten.

Dat inderdaad niet met de resultaten van het mechanisch bodemonderzoek kan volstaan worden en dat op grond van deze resultaten allèèn soms vreemde conclusies verkregen worden, zagen wij reeds aan de hand van enkele cijfers uit de onderzoekingen van HOUTMAN.

Ook VAN BIJLERT heeft er reeds vroeger op gewezen, dat een mechanisch onderzoek allèèn groote verwarring kan stichten en dat hiernaast een onderzoek naar de samenstelling van de verschillende fracties moest staan. VAN BIJLERT onderzocht eenige Kediri'sche zandgronden (bij den Kloet), die — volgens een mechanisch onderzoek — in hoofdzaak uit grovere deeltjes bestonden. Volgens de resultaten van het mechanisch bodemonderzoek moest er een nauwe samenhang bestaan tusschen deze Kediri'sche gronden en de Surinaamsche savannah's. Bij een soortgelijk klimaat schrijft VAN BIJLERT zijn de eerstgenoemde berucht door hun groote onvruchtbaarheid en onbruikbaarheid voor de teelt van cultuurgewassen, de laatste daarentegen bekend door het tegenovergestelde.

Ook zij hier nog gewezen op een onderzoek van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen [1]). Twee Indische zanden, resp. afkomstig uit Pasoeroean en Wonosari (Java), die als zeer vruchtbaar bekend staan, bleken bij onderzoek de volgende mechanische samenstelling te bezitten:

Grootte der deeltjes.	Pasoeroean.	Wonosari.
2—0,5 mM.	55,2	70,2
0,5—0,1 mM.	20,8	20,5
0,1—0,02 mM.	10,6	8,4
kleiner dan 0,02 mM.	10,2	0,7
vocht	3,1	0,1
Totaal	99,9	99,9

[1]) Zie Kort Verslag van de landbouwkundige onderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, loopende tot 1 Januari 1912, blz. 26 en 27.

Oppervlakkig beschouwd zou men meenen hier een vergelijking met de onvruchtbare zandgronden bijv. van de Veluwe te mogen maken; terwijl echter de deeltjes van deze Veluwsche zanden uit kwarts, veldspaat, glimmer bestaan, zijn deze Indische gronden uit basalt en andesiet opgebouwd. Alle fracties waren voor nagenoeg 50 % in zoutzuur oplosbaar.

Men kan nu aan vele der hier genoemde bezwaren tegemoet komen door den weg in te slaan, door MOHR [1]) indertijd aangegeven en die in het kort hierop neerkomt: „dass die Einteilungen der Böden „in Familien auf Grund ihres Ursprungs und ihrer Bildungsweise, allen „anderen Einteilungen voraufgehen mus." MOHR wil dus de gronden naar hunne geologische afkomst, verweeringswijze en ouderdom in bepaalde groepen verdeelen; binnen deze groepen verwacht hij dan correlatie tusschen de mechanische samenstelling en de verschillende bodemeigenschappen.

§ 12. SCHEIKUNDIG BODEMONDERZOEK.

De scheikundige bodemanalyse kan ons in de eerste plaats de samenstelling van den geheelen bodem leeren kennen. Zooals wij reeds in § 6 zagen, bestaat de bodem uit water en uit organische en anorganische bestanddeelen. Het gloeiverlies geeft de som van water en organische stof(humus). Het gehalte aan organische stof wordt afgeleid uit het koolstofgehalte. Zijn carbonaten aanwezig, als koolzure kalk, die bij verhitting koolzuur verliezen, dan moet eene afzonderlijke koolzuurbepaling plaats vinden.

Om het totaalgehalte van den bodem aan anorganische bestanddeelen (kiezelzuur, aluminium- en ijzeroxyde, phosphorzuur, basen; verder zwavel, chloor en enkele zeldzaam voorkomende metalen) te leeren kennen, is het noodig al deze bestanddeelen in oplossing te brengen. Dit geschiedt door behandeling van het grondmonster met fluorwaterstof of door samensmelten met soda.

Een dergelijke analyse geeft nog weinig kijk op den bodem. In den bodem komen mineralen in meer of minder verweerden toestand voor naast geheel verweerd materiaal. Verder is er in den bodem een complex van organisch en anorganisch materiaal, dat als zetel van het absorptievermogen van den bodem kan worden beschouwd. De totaal-

[1]) Bull. du Dépt. de l'Agric. aux Indes Néerlandaises, No. XLI, blz. 25 e.v.

analyse van den bodem scheert dit alles over één kam; zij maakt geen onderscheid tusschen verweerd en onverweerd, tusschen materiaal met of zonder absorptievermogen.

Behandeling van den bodem met warm sterk zoutzuur. Eene behandeling van den bodem met sterk warm zoutzuur (met nàvolgende behandeling met loog), zooals die in § 6 beschreven is, scheidt den bodem in twee gedeelten. Men kan nu zeggen, dat in vele gevallen door deze behandeling met zuur en loog althans bij benadering eene scheiding tusschen verweerd en onverweerd, tusschen absorbeerend en niet-absorbeerend materiaal tot stand gebracht wordt. Men kan misschien nog beter spreken van eene scheiding tusschen het passieve bodemdeel of bodemskelet en het actieve, het levende gedeelte van den bodem.

Zonder nu al te veel waarde aan het onderzoek van den bodem met sterk zoutzuur (en loog) te hechten, is dit onderzoek toch van groot nut geweest:

1⁰. voor het vaststellen van het bodemtype;

2⁰. voor de kennis van de hoeveelheid en de samenstelling van het actieve bodemdeel;

3⁰. voor de kennis van de verweeringsprocessen in den bodem [1]).

Het is vooral de Nederlandsche onderzoeker J. M. van Bemmelen geweest, die deze methode (behandeling van den bodem met sterk zoutzuur) met vrucht bij zijne onderzoekingen heeft toegepast (zie ook tabel IV, blz. 78).

Behoefte van den bodem aan plantenvoedingsstoffen. De vraag, die de praktijk bij uitstek stelt, is wel deze, welke plantenvoedingsstoffen de bodem bevat en in welken vorm, met het doel om uit het antwoord op deze vraag regelen voor de bemesting vast te stellen. Langs verschillende wegen heeft men getracht dit antwoord te geven en wel door het nemen van bemestingsproeven, door het nagaan van de samenstelling van de plant en door het onderzoek van den bodem. In den aanvang bepaalde dit laatste onderzoek zich tot eene behandeling van den bodem met zuren bij kookhitte en ook met koud sterk zoutzuur. Uit den aard der zaak kunnen de op deze

1) Zie verder „Ueber die Bedeutung und die Methode der chemischen Bodenanalyse mit starker heisser Salzsäure, von Dr. D. J. Hissink"; *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*; Band V (1915), blz. 1.

wijze verkregen resultaten slechts van zeer betrekkelijke waarde zijn. Het blijft immers altijd de vraag, of de plantenvoedingsstoffen, welke door de sterke zuren bij kookhitte in oplossing gaan, ook door de planten kunnen worden opgenomen. Aan den anderen kant is er ook wel iets te zeggen voor de redeneering, dat in het algemeen slechts daar vele voor de plant assimileerbare stoffen in den bodem aanwezig zullen zijn of op den duur beschikbaar zullen komen, waar vele stoffen, zij het dan ook in moeilijk oplosbaren vorm, worden aangetroffen. Men zou het kapitaal aan plantenvoedingsstoffen, dat door behandeling bijv. met sterk warm zoutzuur in oplossing gaat, het grondkapitaal van den bodem kunnen noemen. Hilgard spreekt van de permanente productieve capaciteit van den grond.

Tegenover het grondkapitaal staat het bedrijfskapitaal, waar de bodem als het ware dagelijks mee werkt. Talrijk zijn de pogingen, aangewend om de grootte van dit bedrijfskapitaal, dat is het gehalte van den bodem aan plantenvoedingsstoffen, die direct voor de plant beschikbaar zijn of althans in zeer korten tijd, liefst in één vegetatieperiode, beschikbaar komen, te bepalen. Zoo men langs den weg der analyse dit doel bereiken wil, ligt het voor de hand den bodem met zwakke zuren in plaats van met sterke zuren uit te trekken. Men heeft zelfs getracht de werking van de plantenwortels op den bodem in het laboratorium na te bootsen.

De eerste, die in deze richting systematisch te werk ging, was Dijer, die in 1894 voorstelde om den bodem te extraheeren met een éénprocentige oplossing van citroenzuur. Het zuur, dat de wortel bevat, bleek hem bij een onderzoek, dat zich over 100 planten van 20 verschillende soorten uitstrekte, gemiddeld ongeveer van deze sterkte te zijn. Zijn voorstel vond navolging. Het zou te ver voeren hier een overzicht te geven van alles wat op dit gebied nà Dijer is geschied. Wij willen volstaan met er op te wijzen, dat verschillende onderzoekers weer verschillende zuren voorschrijven. Men kan, om slechts de voornaamste te noemen, eene keuze doen uit de volgende collectie:

2 % en 1 % citroenzuur, $^1/_5$ normaal zoutzuur, 1 % azijnzuur, 1 % zoutzuur, CO_2-houdend water, zeer verdund salpeterzuur, enz.

Daarna is Mitscherlich in 1907 gekomen met zijne mededeeling „Eine Bodenanalyse für pflanzenphysiologische Forschungen."

Mitscherlich stelt zich voor in dezen arbeid te beproeven langs

chemischen weg die stoffen in den bodem kwantitatief te bepalen, welke door de planten direct kunnen worden opgenomen. De leidende gedachten, waarvan hij uitging, zijn als volgt weer te geven.

De planten kunnen de voedingsstoffen uit den bodem slechts opnemen door diffusie. Assimileerbaar is derhalve ieder zout, dat opgelost is, onverschillig of het voor den plantengroei indifferent of plantenvoedsel is, of dat het een plantenvergif is, dat wil zeggen op het plantenorganisme een meer of minder schadelijken invloed uitoefent.

De zouten, die derhalve uit een plantenphysiologisch oogpunt in aanmerking komen, moeten in water opgelost zijn of door het bodemwater in oplossing gebracht kunnen worden. Opneembaar voor de plant zijn dus ten eerste alle in water oplosbare zouten; verder, omdat het bodemwater, tengevolge van de ontleding van humusstoffen, steeds meer of minder koolzuur bevat, de in koolzuurhoudend water oplosbare zouten. De wortels onzer kultuurplanten zijn natuurlijk slechts in staat daar zouten in oplossing te brengen, waar ze daarmede direct in aanraking komen. Over den juisten scheikundigen aard der worteluitscheidingen van onze hoogere planten verkeert men nog in onzekerheid. Dat het echter hoofdzakelijk koolzuur is, daarin stemmen alle onderzoekers overeen. Het is ook absoluut onnoodig, dat nog andere zuren aanwezig zijn; want het verschil in oplossingsvermogen der verschillende kultuurplanten laat zich ook physisch verklaren door het verschil in wortelsysteem.

Het maximum der voor onze kultuurplanten in den bodem ter beschikking staande stoffen wordt dus gevormd door die verbindingen, welke in met koolzuur verzadigd water oplosbaar zijn, wanneer men — en dat schijnt zoo te zijn — de andere worteluitscheidingen van de plant hiertegenover verwaarloozen kan.

Bij een scheikundig bodemonderzoek, dat die bodembestanddeelen kwantitatief bepalen wil, die voor de planten direct assimileerbaar, dus plantenvoedsel in den eigenlijken zin des woords zijn, gaat het derhalve volgens MITSCHERLICH slechts om het onderzoek van de in koolzuurhoudend water oplosbare stikstof, phosphorzuur, kali, kalk en magnesia.

Tot nu toe heeft ook de methode van MITSCHERLICH niet gebracht, wat de schrijver ons tien jaren geleden beloofd had. MITSCHERLICH zelf is thans[1]) in een ander uiterste vervallen en wil het gebied van

[1]) *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Bd. IV, blz. 327 e.v.

het bodemonderzoek — en meer in 't bizonder van het scheikundig bodemonderzoek — althans voorloopig, geheel verlaten, om eerst de plantenphysiologische fundamenten voor de methode ter bepaling van het gehalte van den bodem aan assimileerbare plantenvoedingsstoffen vast te stellen.

Het spreekt eigenlijk wel vanzelf, dat de pogingen om één universeel zuur te vinden, dat de werking van de wortels van alle planten onder alle omstandigheden van klimaat zou nabootsen, falen moesten. Vraagt men zich nu af, wat dan wel op dit gebied gedaan kan worden, dan is het antwoord, dat het scheikundig bodemonderzoek in staat is het grondkapitaal van den bodem aan plantenvoedingsstoffen te bepalen. Voor elk bepaald geval op grond van een bodemonderzoek bepaalde bemestingsvoorschriften te geven, is voorloopig niet mogelijk. Wel kan een bodemonderzoek in vele gevallen de praktijk goede diensten bewijzen, vooral wanneer het samengaat met nauwkeurig uitgevoerde bemestingsproeven en met de analyse van de oogstproducten. Het doet er dan niet veel toe, met welk zuur de bodem geextraheerd wordt — de verkregen cijfers hebben toch slechts betrekkelijke waarde en dit geldt zoowel voor de cijfers, verkregen met sterke als met zwakke zuren.

Volledigheidshalve zij hier aan toegevoegd, dat men ook getracht heeft de voor de planten assimileerbare kali en kalk (en magnesia) te bepalen door uit te gaan van het denkbeeld, ook in § 7 van dit Hoofdstuk ontwikkeld, dat de planten vooral de absorptief gebonden basen uit den bodem opnemen. Deze kunnen nu uit den bodem verwijderd worden door behandeling met eene oplossing van ammoniumchloride; de ammonia neemt de plaats van de kali en de kalk (en de magnesia) in het verweeringssilikaat in en brengt deze basen in oplossing. Inderdaad is het Meyer op deze wijze mogelijk geweest vrij goede regelen voor de kalkbemesting te geven.

Hoe het ook zij, voorloopig kan alleen door samenwerking van bodemonderzoek, plantenanalyse en bemestingsproef getracht worden de praktijk op het gebied van het bemestingsvraagstuk van dienst te zijn. Dat dit inderdaad mogelijk is en dat het zonder twijfel aldus gelukt is aan den planter en landbouwer menige goede raad te geven, zou door tal van voorbeelden kunnen worden aangetoond. Wij volstaan met het volgende, ontleend aan onze bemestingsproeven op Deli:

Bij bemestingsproeven op zwarte humeuze zandgronden werd op de onderneming Padang Boelan (Deli) alleen door bemesting met stik- en phosphorzuur geen meerdere opbrengst boven onbemeste vakken verkregen; de grond op de onderneming Soengei Mentjirim (Deli) daarentegen gaf bij eene bemesting met stikstof en phosphorzuur nog 25 % opbrengst meer dan het onbemeste veld. Eene bijbemesting met kali gaf echter boven het stikstof-phosphorzuur-veld op Soengei Mentjirim eene meerdere opbrengst van 11 % en op Padang Boelan van ongeveer 40 %. De Padang Boelangrond is blijkens deze proeven zeer dankbaar voor eene kalibemesting, veel dankbaarder dan de overeenkomstige grond op Soengei Mentjirim. Dit gedrag komt eveneens duidelijk tot uiting in de resultaten van het grondonderzoek: de Soengei Mentjirim-grond bevat meer dan twee maal zoo veel kali als de grond van Padang Boelan (0.11 % tegen 0.05 % kali (K_2O), oplosbaar in kokend zoutzuur van 5 %).

Intusschen mag niet uit het oog verloren worden, dat naast dezen meer practischen arbeid fundamenteel onderzoek in allerlei richting niet achterwege blijven mag, zelfs op den voorgrond moet staan. De vraag, die de landbouwer bijna dagelijks aan den wetenschappelijken onderzoeker stelt, gewoonlijk in dezen vorm „met welke stoffen zijn grond bemest moet worden", is zóó ingewikkeld en zóó moeilijk te beantwoorden, dat men zich thans niet zonder eenige verwondering afvraagt, hoe het mogelijk geweest is, dat zelfs de knapste koppen gemeend hebben, dit vraagstuk door een eenvoudig onderzoek van den bodem met het een of andere zuur te kunnen oplossen. Vast staat evenwel, dat naast plantenphysiologische onderzoekingen ook bodemkundige studiën hierbij noodig zijn.

Bizondere gevallen. In bizondere gevallen kan een scheikundig bodemonderzoek van direct nut zijn. Wanneer bijv. voor de planten schadelijke stoffen, als nitrieten en chloriden in den bodem voorkomen of zure verbindingen, als zwavelzuur en overmaat aan zuren humus aanwezig zijn, kan dit door een scheikundig onderzoek gemakkelijk uitgemaakt worden en is het ook niet moeilijk op grond van de resultaten van het onderzoek middelen ter verbetering van den bodem aan de hand te doen.

Nitrieten kunnen zich in den bodem vormen door onvoldoende luchttoetreding of door ongunstige groeivoorwaarden voor de nitrifi-

ceerende bacteriën. Eene rationeele grondbewerking en eene bemesting met organische stoffen kan dit kwaad soms verhelpen.

Na eene overstrooming met zout water of bij toetreding van met zouten bezwangerd grondwater, hoopt zich eene soms aanzienlijke hoeveelheid chloriden in den bodem op. Het eenige middel tegen dit kwaad is eene uitlooging van den bodem met zoet water.

Soms komen gronden voor met een sterk zure reactie als gevolg van jarenlange bemesting met physiologisch zure meststoffen, als bijv. zwavelzure ammoniak. Hier kan eene kalkbemesting goede diensten bewijzen.

Zure gronden in Japan, Korea en Amerika. Ten slotte moge hier nog het volgende geval vermeld worden, omdat het zich ook op Java schijnt voor te doen. In verschillende streken van Japan en Korea — en ook in Amerika — komen grondsoorten voor, die weinig humus bevatten en toch blauw lakmoespapier sterk rood kleuren. Het bestanddeel, dat hierbij reageert, is niet in water oplosbaar; alleen het gedeelte van het lakmoepapier, dat met den bodem onmiddellijk in aanraking is, wordt rood gekleurd. Wordt de grond met eene neutrale zoutoplossing, bijv. van kaliumchloride (KCl) of KNO_3, NaCl enz. geschud, dan blijkt de oplossing zuur te reageeren. Bij eene bemestingsproef met kaliumchloride en zwavelzure ammoniak in potten ontwikkelden de zaden zich absoluut niet en werd het zink der potten ten slotte doorgevreten. Trouwens ook zonder bemesting leverden deze gronden nagenoeg geen oogst op. Eerst eene bemesting met koolzure kalk deed de opbrengst van 2,5 Gr. per pot tot op niet minder dan 82 Gr. stijgen. Zooals reeds werd opgemerkt, is het waterige extract zoo goed als neutraal; de aciditeit is dus niet aan in water oplosbare organische of anorganische zuren toe te schrijven, noch aan chloriden of sulfaten van aluminium en ijzer. DAIKUHARA [1]) toonde nu aan, dat bij behandeling van deze gronden met eene oplossing van bijv. kaliumchloride het kalium uit de oplossing door aluminium en ijzer vervangen werd; de oplossing van ijzer- en aluminiumchloride reageert zuur. Op grond van deze feiten komt DAIKUHARA tot de conclusie, dat de aciditeit van deze gronden veroorzaakt wordt door ijzer- en aluminiumver-

[1]) Ueber säure Mineralböden, von G. DAIKUHARA; Bull. of the Imp. Centr. Agr. Exp. Station, Japan, II, 1—40.

bindingen, die door den bodem zeer los geabsorbeerd worden. De binding moet wel zeer los zijn, omdat reeds een neutrale oplossing van kaliumchloride in staat is het ijzer en het aluminium aan den bodem te onttrekken. De resultaten van de hierboven vermelde bemestingsproef zijn thans ook te verklaren. Bij bemesting met zwavelzure ammoniak wordt de ammoniak gebonden en komen de zuur reageerende sulfaten van ijzer en aluminium in oplossing. Ook zonder bemesting zal de bodem deze voor den plantengroei zoo gevaarlijke zouten afscheiden, omdat in het bodemwater steeds oplosbare zouten voorkomen. Eerst de bemesting met koolzure kalk heft de schadelijke werking op; er vormen zich de oxyden van ijzer en aluminium, die onoplosbaar zijn en verder al naar gelang van de bemesting, verschillende neutrale kalkzouten, die met het bodemwater worden weggevoerd en trouwens geen gevaar voor de planten opleveren, terwijl ook de bodem een gedeelte van de kalk zal binden.

HOOFDSTUK IV.

De biologie van den bodem

De bodembiologie omvat de leer van de veranderingen, welke de bodem ondergaat onder invloed van het organische leven, dat is van de planten, van de dieren en van den mensch.

§ 13. Invloed van de planten op den bodem.

Wij moeten hier onderscheiden de werking van de lagere en van de hoogere plantenwereld.

a. De mikroflora van den bodem.

De mikrobodemorganismen zijn van groote beteekenis, niet alleen uit een bodembiologisch oogpunt, maar ook voor het geheele leven op aarde. Zij zijn mede de oorzaak, dat de tengevolge van het assimilatieproces van de planten uit het koolzuur der lucht gevormde koolstofverbindingen weer in koolzuur worden omgezet. Tengevolge van dit dissimilatie-proces vloeit een nooit onderbroken koolzuurstroom uit de aardoppervlakte in den dampkring, waardoor het leven op onze planeet mogelijk blijft. Maar niet alleen, dat de mikroben onder zuurstofverbruik de koolstof in koolzuur overvoeren, bij dit dissimilatie-proces keeren bovendien de in de plantenresten opgehoopte minerale bestanddeelen (P_2O_5, SO_3, K_2O, CaO, MgO, Fe_2O_3, MnO) in den mineralen toestand terug. Het dissimilatie-proces is tevens een mineralisatie-proces.

Tot de lagere plantenwereld, die aan de veranderingen van den bodem deelneemt, behooren hoofdzakelijk de algen of wieren en de fungi of zwammen. Eene soms zeer krachtige vegetatie van draadwieren kan men bijv. aantreffen op heidegronden, in het voorjaar, wanneer de bodem vochtig is. Wij zullen ons hier voornamelijk bezighouden met die hoofdgroepen van de fungi, welke voor den bodem van het meeste belang zijn, dat zijn de draadzwammen, in het dagelijksche

leven gewoonlijk tot de schimmels gerekend en de splijtzwammen of bacteriën.

Bacteriën en schimmels komen in den bodem in vele soorten en soms in zeer grooten getale voor. Met eene verandering van de bodemtemperatuur, het watergehalte en de hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen gaat eene wijziging van de geheele mikrobodemflora hand in hand. Het aantal kiemen kan per gram grond liggen tusschen 1—50 millioen. Zoowel bacteriën als schimmels komen het meest voor op lossen, kruimeligen, vruchtbaren bodem. In zure, dichte, arme gronden, waar de schimmels zich goed ontwikkelen, kwijnt de bacteriënflora. Een groot gedeelte van de bodembacteriën is aerob, leeft slechts bij luchttoetreding. Merkwaardig is het, dat sommige anaerobe bacteriën soms in een zuurstofrijke atmosfeer bij aanwezigheid van sterk zuurstofbindende bacteriën niet alleen leven, maar zelfs tot volle ontwikkeling kunnen komen. Er zijn ook bacteriënsoorten, welke zich zoowel bij aan- als afwezigheid van zuurstof kunnen ontwikkelen. Schimmels hebben steeds zuurstof noodig; schimmelsporen daarentegen kunnen langen tijd hun kiemkracht in eene zuurstofvrije omgeving behouden. Bacteriën treft men gewoonlijk slechts tot op 25 à 30 cM. diepte in den bodem aan; de schimmeldraden kunnen grootere diepten bereiken. Op 40 à 50 cM. diepte is de bodem echter practisch steriel. De groote beteekenis van de mikroben ligt mede in hare geschiktheid om de meest uiteenloopende stoffen als voedsel te gebruiken.

De mikrobodemorganismen kunnen leven bij zeer ver uiteenliggende temperaturen; vooral koude verdragen de meeste soorten uitstekend. Voor elke soort bestaat eene optimumtemperatuur, waarbij ze zich het beste ontwikkelt; bij hoogere en lagere temperatuur verloopen de door deze soort veroorzaakte processen minder intensief en houden ten slotte practisch op. Hieruit volgt, dat men a priori in een tropisch klimaat een andere mikrobodemflora verwachten kan dan in de gematigde luchtstreken en mogelijk ook een ander verloop van de door de bacteriën veroorzaakte omzettingen. Zoo is bijv. uit de onderzoekingen van DE KRUIJFF gebleken, dat de thermophiele bacteriën, dat zijn de bacteriën, die bij ongeveer 40° C. de meeste werkzaamheid ontwikkelen, in de tropen tot de gewone mikroflora van den bodem behooren en bij de omzettingsprocessen een zeer belangrijke rol vervullen. Ook in Europa komen eenige soorten van deze bacteriëngroep voor; de rol, die zij

daar evenwel vervullen, is practisch van zeer weinig beteekenis. De hooge bodemtemperaturen, die in de tropen gedurende een deel van den dag heerschen, maken het voor de psychrophiele bacteriën (dat zijn de bacteriën, wier maximum temperatuur bij ongeveer 40° C. ligt) onmogelijk, gedurende die uren de organische stof te mineraliseeren. Zoodra dan ook de temperatuur voor de psychrophiele bacteriën te hoog wordt en deze òf afsterven òf sporen vormen, nemen de thermophielen de rol van de psychrophielen over en wordt het mineralisatieproces dus voortgezet. Daalt de temperatuur van de bovenste aardlagen beneden de maximum temperatuur van de psychrophiele bacteriën, dan nemen deze de rol van de thermophiele weer over. De omzettingen van de organische stoffen in den bodem geschieden dus afwisselend door beide groepen van bacteriën.

Zagen wij in het bovenstaande eene eendrachtige samenwerking van twee bacteriënsoorten, waarvan de eene bij eene zekere temperatuur de taak van de andere overneemt, de bodem is ook vaak het tooneel van strijd. Zoo komen in den bodem protozoën voor, die de ammoniakbacteriën als voedsel gebruiken. Bij gedeeltelijke sterilisatie van den bodem worden deze protozoën en ook de bacteriën in het algemeen, waaronder de ammoniakbacteriën, gedood, terwijl de sporen der ammoniakbacteriën blijven leven. Na den dood van hunne vijanden, de protozoën, kunnen de ammoniakbacteriën zich thans in veel sterker mate ontwikkelen, hetgeen op de ammoniakvorming en derhalve indirect op de vruchtbaarheid van den bodem van invloed is. Deze gedeeltelijke sterilisatie, die in een gematigd klimaat slechts door kunstmatige verwarming verkregen kan worden, komt misschien in de tropen door de zonnewarmte tot stand. Het is niet onmogelijk, dat het keeren van rijstland, waarbij het eene aanzienlijke verwarming door de zonnestralen ondergaat, werkingen als boven beschreven tengevolge heeft.

De bodemomzettingen kunnen derhalve in een tropisch klimaat geheel anders verloopen dan in de gematigde zône en zonder verder onderzoek mogen de resultaten, hier verkregen, niet ginds worden toegepast. Dat de bodemomzettingen in de tropen, dank zij de hooge temperatuur en het ontbreken van eene winterperiode, waarin de natuur slaapt en ook de mikrobodemorganismen minder intensief werkzaam zijn, soms zeer snel plaats grijpen, zagen wij bij de beschrijving van de humusvorming in een tropisch oerbosch (blz. 58 en 59).

Bij de behandeling van de humusvorming hebben wij reeds tal van mikro-organismen ontmoet; bij de oxydatie- en reductie-processen zagen wij de bacteriën werkzaam en leerden de rol van de schimmels bij de vorming der eigenlijke humusstoffen kennen. Alvorens thans tot de behandeling van de bacteriënsoorten, welke bij de omzettingen van de atmospherische stikstof betrokken zijn, over te gaan, wordt hier nog met een enkel woord de aandacht gevestigd op de mikroben, die bij de ijzerafzettingen in den bodem een rol spelen.

Reeds jaren geleden heeft WINOGRADSKI de meening uitgesproken, dat er bacteriën zijn, die ferro-(ijzeroxydule-)verbindingen oxydeeren tot ferri-(ijzeroxyde-)verbindingen en die door deze oxydatie de noodige energie verkrijgen voor hunne levensverrichtingen. In 1911 leverde LIESKE het bewijs voor deze onderstelling. LIESKE isoleerde een bacterie, die zich niet voeden kan met organisch voedsel, doch die als koolstofbron het koolzuur gebruikt en de mogelijkheid om dit koolzuur te ontleden wordt juist gegeven door de oxydatie van ferro- tot ferrizouten. Ook bleek het LIESKE, dat bij de ijzervervorming niet alleen bacteriën, doch ook schimmels een rol speelden. Hij kon n.l. aantoonen, dat er in ijzerhoudend water schimmels voorkomen, die in haar celwand een groote hoeveelheid ijzerhydroxyde opgehoopt hebben.

b. De omzettingen van de atmosferische stikstof in den bodem.

De binding van de atmosferische stikstof. De mikroben, die de atmosferische stikstof binden, zijn ten opzichte van hare levenswijze in twee groepen te verdeelen, nl. 1⁰. vrij in den bodem levende organismen, welke bij aanwezigheid van geschikt koolstofvoedsel in hunne stikstofbehoefte kunnen voorzien door de vrije atmosferische stikstof te assimileeren; en 2⁰. organismen, die alleen in samenleving met planten (symbiose), nl. met de wortels der vlinderbloemigen, de stikstof van de lucht kunnen vastleggen en omzetten.

De voor het eerste proces bij uitstek geschikte koolstofbron is de celstof, terwijl er in eene gematigde luchtstreek (volgens BEIJERINCK, *Landbouwkundig Tijdschrift* 1904, aan welke verhandeling veel van deze paragraaf ontleend is) drie bacteriënsoorten bij betrokken zijn, te weten het waterstofferment, Bacillus radiobacter en Azotobacter. (Zie fig. 11).

De arbeidsverdeeling tusschen deze drie soorten is de volgende: Het waterstofferment alleen tast de celstof aan en brengt daaruit allereerst een suiker voort, die ten deele door dit ferment zelve vergist en in azijnzuur, boterzuur, koolzuur en waterstof wordt omgezet, waarvan het azijnzuur en het boterzuur zich met de kalk van den grond tot zouten kunnen verbinden; anderdeels doet die suiker dienst als koolstofbron

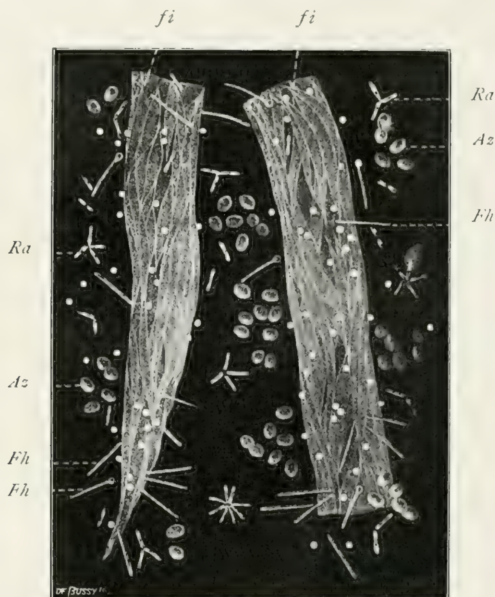


Fig. 11.

In primitief fibrillen uiteen gevallen cellulose vezels *fi* van vlas, aangetast door de mikroben, werkzaam bij de binding van de vrije stikstof; *Fh* waterstofferment; *Ra* Bacillus radiobacter; *Az* Azotobacter chroococcum.

(*volgens Beyerinck*).

voor de twee andere bacteriën, welke zich bovendien met de genoemde zouten kunnen voeden, maar volstrekt niet met de celstof zelve. Deze beide bacteriën, zoowel *Bacillus radiobacter* als *Azotobacter*, schijnen de atmosferische stikstof te kunnen binden en elkander bij dit proces te ondersteunen. Het eindproduct van deze binding is protoplasma, dat na het afsterven der mikro-organismen als dood *ciwit* terugblijft.

Vroeger meende men, op grond van de onderzoekingen van De Kruijff, dat in een tropisch klimaat andere vrijlevende stikstofbacteriën werkzaam waren, dat althans de in Europa zoo algemeen voorkomende Azotobacter in Javagronden slechts sporadisch aanwezig was en dat de binding van de atmosferische stikstof door vrij levende mikroben aldaar plaats zou hebben door een groot aantal staafjesbacteriën. Latere onderzoekingen hebben evenwel aangetoond, dat Azotobacter in een aantal zeer uiteenloopende Javagronden voorkomt. In sommige dier gronden moet ze zelfs in grooten getale voorkomen, wat afgeleid wordt uit den zeer korten tijd, die vaak voldoende is voor het vormen van eene Azotobacterhuid op de kultuurvloeistof. Ook Bacillus radiobacter, die in Europa bij ophoopingsproeven met Europeesche gronden geregeld naast Azotobacter optreedt, maar door De Kruijff nooit werd gevonden, is in Java-gronden altijd aan te toonen.

In de tweede plaats verkrijgen de vlinderbloemige planten het vermogen om de vrije stikstof in gebonden toestand te doen overgaan, wanneer bepaalde bacteriënsoorten uit den grond in hunne wortels naar binnen dringen en daaraan knolvormige opzwellingen doen ontstaan; dat zijn de bekende knolletjes der Papilionaceeën. In deze knolletjes nu vindt de stikstofomzetting plaats en de plant gebruikt de gevormde stikstofverbinding voor hare verdere ontwikkeling.

Er bestaat een belangrijk soortverschil tusschen de Papilionaceeënbacteriën onderling. Zoo worden bij serradella en gele lupine andere organismen gevonden dan in de wortels der overige vlinderbloemigen, organismen, welke in den grond zeer zeldzaam zijn en slechts daar algemeen voorkomen, waar de genoemde plantensoorten reeds vroeger gekweekt werden, zoodat, wanneer een nieuw stuk heide of duingrond zal worden ontgonnen en men de stikstofbemesting daarvan met serradella of gele lupine bewerkstelligen wil, vooraf kunstmatige infectie moet plaats hebben met eenige karrevrachten grond, van oudere serradella- of gele lupinevelden afkomstig. Men brengt ook rein-culturen van stikstofbacteriën in den handel, waarmede zaad en grond geënt kunnen worden.

Hoeveelheid van de door bacteriën gebonden stikstof. Een voor de praktijk belangrijke vraag is zeker wel deze, of de stikstofbindende bacteriën een stikstofbemesting bij intensieve cultuur geheel of althans gedeeltelijk kunnen vervangen. Er valt niet aan te twijfelen, dat de

in symbiose met leguminosen werkende knolletjesbacteriën in staat zijn dit volop te doen Gemiddeld bedraagt de stikstofwinst hier per H.A. van 100 tot 200 K.G. (N) per jaar.

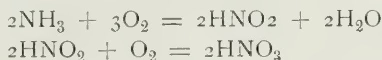
De stikstofwinst is bij de vrijlevende stikstofbindende bacteriën veel geringer. Men heeft hier eene jaarlijksche stikstofwinst geconstateerd van 16 tot 40, soms tot 50 K.G. per H.A. Uit onderzoekingen van Beijerinck en van Iterson is gebleken, dat per gram celstof ongeveer 8 tot 9 mgr. stikstof uit de atmosfeer gebonden worden, hetgeen in een bosch met 4000 kilo bladval een jaarlijksche stikstofwinst van omstreeks 25 kilogram stikstof (N) per H A. zou kunnen geven Deze cijfers komen vrijwel overeen met die van andere onderzoekers, die geconstateerd hebben, dat per 100 K.G. ontleden humus gemiddeld 1 K.G. stikstof gebonden wordt. Eene groote hoeveelheid humus wordt dus door deze splijtzwammen verbruikt.

Het inenten van den bodem met vrijlevende stikstofbindende bacteriën heeft geen bemoedigende resultaten opgeleverd. Dit is niet te verwonderen, wanneer men bedenkt, dat deze bacteriën veel in den bodem verspreid voorkomen en zich sterk vermeerderen, als de bestaansvoorwaarden maar gunstig zijn. Zijn deze evenwel slecht, dan helpt kunstmatige toevoer van bacteriën niet veel.

De beteekenis van de vrijlevende stikstofbindende bacteriën voor den landbouw is in het kort als volgt te omschrijven. Zij zijn een steeds vloeiende, zij het dan ook niet zeer rijke stikstofbron voor onze gewassen, die voor de in het wild groeiende planten en ook voor het extensieve landbouwbedrijf van hooge waarde is. Bij den intensieven landbouw kunnen onze splijtzwammen in het algemeen wel geen stikstofbemesting vervangen, maar zij leveren toch zeer waarschijnlijk eene waardevolle aanvulling voor de stikstofvoeding der cultuurplanten. In ieder geval bezitten wij in de genoemde groep van mikro-organismen een niet verzakend leger van medewerkers, dat bij geschikte behandeling van den bodem en bij voldoenden toevoer van organische stoffen zijne diensten kosteloos ter beschikking stelt.

Verdere omzetting van de gebonden stikstof. Het eindproduct van de binding van de vrije stikstof is derhalve steeds levend protoplasma, behoorende hetzij tot de mikrobencel zelve, zooals in het geval van de combinatie Radiobacter-Azotobacter, of tot de plantencel in het geval der Papilionaceeën. De wortels van de hoogere planten kunnen

het eiwit als zoodanig niet opnemen, zoodat het in den grond verloren zou zijn, wanneer niet overal mikroben aanwezig waren, die uit dit gevormde eiwit ammoniak voortbrengen en andere mikroben, die deze ammoniak door het nitrificatie-proces in nitraten omzetten. De nitrificatie bestaat uit twee phasen, waaraan eveneens twee bacteriënsoorten beantwoorden, van welke de eene — het nitrietferment — de ammoniakzouten tot vrij salperigzuur oxydeert, dat in den grond met kali of kalk tot een zout wordt, terwijl de tweede soort — het nitraatferment — het gevormde nitriet door eene nieuwe zuurstoftoevoeging in nitraat omzet. Het resultaat van deze omzettingen kan door de volgende scheikundige vergelijking worden voorgesteld:



$$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O$$
$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3$$

Denitrificeerende organismen. Talrijke organismen zijn in staat nitraten en nitrieten in den bodem tot vrije stikstof te ontleden. Deze denitrificeerende bacteriën komen overal voor. Ze zijn mede de oorzaak, dat in den bodem slechts zeer kleine hoeveelheden nitraatstikstof worden aangetroffen. Eene ophooping van stikstof zal derhalve alleen daar plaats vinden, waar de nitrificatie gering is, de gevormde eiwit. stikstof derhalve niet in nitraatstikstof wordt omgezet.

Bijzonderheden van de stikstofbacteriën. Ook voor deze organismen bestaat een optimum temperatuur. Azotobacter werkt bij 7° C. nog niet; bij 15° C. heeft reeds sterke stikstofbinding plaats, welke tot 27° C. toeneemt. De stikstofvormende bacteriën zijn alle aerob; ze ontwikkelen zich derhalve het best in een kruimeligen bodem, waar de lucht goed kan indringen. Kalk werkt tot zekere hoogte gunstig door de binding van de bij het proces ontstane zuren. Bij afsluiting van lucht, zooals in moerasgronden, kunnen de stikstofvormers niet leven, maar daar ontwikkelen zich juist de denitrificeerende bacteriën. Hieraan is o.m. toe te schrijven het minder goede resultaat van eene nitraatbemesting op sawahgronden tegenover eene bemesting met zwavelzure ammoniak (zie o. a. *Archief Java Suiker Industrie*, 1910, 92, 93); de gevormde nitrieten zijn in hooge mate vergiften voor het plantenleven.

De verschuiving van het biochemisch evenwicht in den bodem. Allerlei factoren beïnvloeden den loop van de biochemische processen, die zich in den bodem afspelen. Het is natuurlijk mogelijk, dat de omzettingen

in den bodem, die weer een gevolg van deze biochemische processen zijn, stationnair blijven. Er heerscht dan biochemisch evenwicht in den bodem.

We zagen reeds, dat tal van factoren van invloed zijn op het biochemisch evenwicht in den bodem en eene verandering in deze factoren zal dus eene verschuiving van dit evenwicht tengevolge hebben. Biochemische omzettingen, die bij zekere temperatuur zich afspelen, kunnen bij lagere temperatuur soms geheel ophouden; met eene verandering van het watergehalte en van de hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen gaat eene wijziging van de geheele mikrobodemflora hand in hand. Verder brengt afsluiting van lucht groote verandering in het mikrobenleven in den bodem teweeg.

Ook de alkalische reactie van de bodemvloeistof, welke een gevolg is van eene voldoende kalkbemesting, veroorzaakt eene verschuiving van het biochemisch evenwicht in den bodem. Evenals eene verwarming heeft deze alkalische reactie van de bodemvloeistof eene partieele sterilisatie van den bodem tengevolge, daarin bestaande, dat de bodemprotozoën gedood worden, waardoor de ammoniakbacteriën zich later beter kunnen ontwikkelen, hetgeen weer op de ammoniakproductie in den bodem van invloed is (zie blz. 122). Bovendien bevordert kalk in den bodem de destructie van organisch materiaal en als gevolg daarvan eene vluggere circulatie van plantenvoedingsstoffen. Ten slotte onderdrukt de kalk het leven van de nitrificeerende bacteriën. Wat er nu ten slotte bij eene kalkbemesting gebeuren zal, hangt geheel af van de hoeveelheid, waarmede bemest wordt en wel meer in het bizonder of het neutrale punt overschreden wordt en zoo ja, hoe ver.

Zoo vonden een tweetal Engelsche onderzoekers, Hutchinson en MacLennan, dat het aantal bodembacteriën bij eene alkaliteit van de bodemvloeistof van 0,002 normaal gedurende de eerste dagen daalde, doch daarna aanzienlijk steeg, als gevolg van de betere levensvoorwaarden voor de ammoniakbacteriën, gedeeltelijk veroorzaakt door het dooden van de protozoën en gedeeltelijk door het beschikbaar komen van meer voedsel door de destructie van organische stoffen. De ammoniakvorming in den bodem neemt dus toe — het biochemisch evenwicht is verschoven.

Wanneer nu de overmaat aan kalk gering is, wordt de werking

van de nitrificeerende bacteriën slechts gedurende korten tijd vertraagd en na enkele weken kan weer een normaal gehalte aan ammoniakstikstof en eene stijging van het gehalte aan nitraatstikstof opgemerkt worden. Wordt evenwel het neutrale punt ver overschreden, dan neemt de ammoniakproductie toe, terwijl de nitraatvorming zeer vertraagd wordt en bij nog hoogere kalkgiften ten slotte zelfs geheel ophoudt. Aangezien evenwel meer organisch materiaal ontleed wordt en dus beschikbaar komt, stijgt het totale gehalte aan ammoniak- en nitraatstikstof aanzienlijk, doch geheel op rekening van de ammoniakstikstof.

Hierin ligt nu mede een groot gevaar van te hooge kalkgiften opgesloten Immers planten, die in dergelijke gronden, met eene te zware bemesting aan kalk (in den vorm van CaO) groeien, krijgen de stikstof niet in den nitraatvorm, doch hoofdzakelijk in den ammoniakvorm, een vorm, die in het algemeen minder economisch voor de planten te benutten is. Bovendien schuilt er een groot gevaar in het vrij plotseling beschikbaar komen van groote hoeveelheden oplosbare stikstof. Het is mogelijk, dat deze onmiddellijk door de planten worden opgenomen, doch het gevaar voor uitloogen van deze in water oplosbare stikstof is groot. Vooral in een klimaat als Indië, waar de organische stikstof toch al spoedig ontleedt, is dit een reden te meer (zie ook blz. 100) om voorzichtigheid bij het geven van eene kalkbemesting te betrachten.

Sommige onderzoekers geven eene andere verklaring van de slechte gevolgen van te groote bemestingen met kalk: zij stellen deze ook wel op rekening van de omzettingen, die de organische stof en meer in het bizonder de stikstofverbindingen in den bodem onder invloed van de kalkbemesting ondergaan, maar denken hier meer aan het optreden van giftige ontledingsproducten van de organische stof of aan het ontstaan van nitriet als gevolg van denitrificatieprocessen.

Vooral bij de bemesting van hoogveengronden speelt het vraagstuk van de kalkbemesting eene groote rol. Een feit is het, dat hooge venen, die eene sterk zure reactie bezitten en een uiterst geringe hoeveelheid bodemkalk bevatten, toch slechts kleine kalkbemestingen van hoogstens 2000 K.G. per H.A. voor bouwland en 4000 K.G. voor weiland kunnen verdragen. Grootere hoeveelheden werken zeer schadelijk en toch is eene bemesting met 4000 K.G. CaO per H.A. bij lange na niet in staat om de bodemaciditeit van de meeste hoogveengronden te neutraliseeren. Hier is van eene alkalische bodemreactie

geen sprake en moet men wel denken aan de bovengenoemde schadelijke ontledingsproducten van den humus of aan nitrietvorming[1]).

c. De invloed van de hoogere planten op den bodem.

Het plantendek van de hoogere planten heeft invloed op de bodemtemperatuur. Braakliggend land wordt warmer dan boschgrond; in den winter echter dringt de vorst in den boschgrond minder diep door. Tengevolge van de koelere temperatuur in het bosch en in de bovenlaag van den boschgrond verdampt er minder water dan op het vrije veld. De bovenlaag in het bosch zal derhalve, onder overigens gelijke omstandigheden, rijker aan vocht zijn dan een met gras enz. bedekte bodem, terwijl de bouwkruin van braakliggend land het droogste is. Hier tegenover staat echter, dat de planten eene aanzienlijke hoeveelheid water verdampen; de diepere lagen van braakliggend land bevatten derhalve meer water dan dezelfde lagen van boschgrond of weiland, waar de plantenwortels werkzaam zijn.

Het plantendek beschermt verder de structuur van den bodem tegen dichtslaan bij sterke regens; bovendien zorgen juist de plantenwortels voor eene kruimelstructuur van den bodem.

Dat al deze beschouwingen van groot practisch belang zijn, heeft ons Deli geleerd, waar ten behoeve van de tabakscultuur nagenoeg al het oorspronkelijke bosch geveld is geworden, terwijl na de tabak, hoofdzakelijk tengevolge van de padicultuur, natuurlijke herwouding soms niet tot stand kwam. Eene vegetatie van lalang (op Java alang alang geheeten) had een 20 jaar geleden op vele Deli-ondernemingen de plaats van het voormalige bosch ingenomen. Op aanraden van VAN BEMMELEN, VAN BIJLERT en vooral ook VAN BREDA DE HAAN begon men met kunstmatige herwouding, waarvoor om verschillende redenen de Albizzia moluccana gekozen werd. Men moet echter niet uit het oog verliezen, dat ook het herhaaldelijk afbranden van de lalang een zeer slechten invloed op den bodem heeft uitgeoefend.

Met een enkel woord willen wij hier nog den invloed van het bosch op den *hydrologischen toestand* eener streek nagaan. Met bosschen begroeide landschappen leveren in den regel minder zakwater dan

[1]) Zie Het Bodemkalkvraagstuk door Dr. D. J. HISSINK, blz. 24—26.

braakliggende of met landbouwgewassen begroeide terreinen, omdat het bosch zulke enorme hoeveelheden water voor physiologische doeleinden gebruikt. Deze regel geldt echter alleen voor vlakke of flauw hellende terreinen, waar zelfs bij flinke regenbuien weinig water nutteloos wegloopt. Anders is het echter in bergstreken, waar een groot gedeelte van het regenwater, vooral bij heftige regens, van een kaal terrein afvloeit, zonder in den bodem te dringen. Het gevolg hiervan is, dat de beken en rivieren na zwaren regenval plotseling eene grootere hoeveelheid water te verwerken krijgen en eerder tot bandjirs aanleiding geven, dan wanneer de berghellingen met dichte wouden begroeid zijn. Deze toch houden het water tegen en geven het daardoor gelegenheid in den bodem te dringen. Blijkens ervaring weegt de hoeveelheid water, welke op deze wijze den bodem ten goede komt, ruim op tegen de hoeveelheid, welke door het bosch verdampt wordt. Om deze reden heeft het aanplanten van bosschen op berghellingen eene vermeerdering van het zakwater en vooral ook eene meer regelmatige watervoorziening van beken en rivieren ten gevolge. De ontwouding van berghellingen wijzigt daarentegen den hydrologischen toestand in ongunstigen zin. Met het oog op de ontwouding op groote schaal, waaraan men zich op onze Buitenbezittingen, speciaal op Sumatra, schuldig maakt, behoeft het geen verwondering te baren, dat de hoeveelheid bevloeiingswater, volgens de verklaring der bevolking, gestadig vermindert. Dit is, zooals werd aangetoond, het onafwendbare gevolg van ontwouding van de berghellingen.

Dikwerf is de meening uitgesproken, dat de ontwouding van de Deli-laagvlakte eene wijziging in den jaarlijkschen neerslag of in de verdeeling van den regenval over het geheele jaar gebracht zou hebben. Bewezen is dit niet en het is ook zeer de vraag of eene ontwouding van een dergelijk klein terrein eene verandering in den regenval van dit gebied zal kunnen veroorzaken. Wel zal dit het geval kunnen zijn, wanneer groote landstreken van bosch beroofd zouden worden. Zoo schijnt het bijv. wel vast te staan, dat de bosschen van Zweden en Duitschland van belang zijn voor den regenval in het droge Zuid-Rusland[1]).

[1]) Zie G. Wyssotzky, Ueber die hydro-klimatische Bedeutung der Wälder: *La Pédologie*, St. Petersburg, 1911, No. 4, blz. 93—94.

§ 14. Invloed van de dieren en van den mensch.

Algemeen bekend is het klassieke voorbeeld van Darwin van den invloed van de regenwormen op den bodem.

Talrijke dieren voeden zich met de afgestorven plantenresten. Op deze wijze ontstaat wat Müller „Mull" noemt (Kot der erdlebenden niederen Tierwelt). In tropische mangrovewouden zijn vooral kreeften bij de ontleding van plantenafval werkzaam. Ook bij de slikafzettingen aan de Noordzeekusten treedt een kreeft op, Corophium grossipes.

Een bepaald antwoord op de vraag naar de beteekenis van het dierlijke leven in den bodem voor de plantenwereld is nog niet te geven. Deze beteekenis is zeer waarschijnlijk van tweeërlei aard en heeft betrekking op de humusvorming en op de veranderingen van de bodemstructuur. Het schijnt, dat de goede menging van de organische plantenafval met de minerale bodembestanddeelen slechts door de medewerking van kleine diertjes (regenwormen, springstaarten (collembolen), mieren, e. d.) tot stand komt. (Zie verder E. Ramann: Regenwürmer und Kleintiere im deutschen Waldboden; Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, I, 138—164).

De grootste bodemwijzigingen vinden echter onder invloed van den mensch plaats, indirect doordat de mensch de geheele flora en fauna van een gebied wijzigen kan, direct door de cultuur. Wij gaan hier niet verder op in; wij brengen slechts in herinnering hoe de bodem van ons vaderland in de laatste tientallen van jaren veranderd is. Onvruchtbare heidevlakten zijn herschapen in dichte bosschen, groene weiden of vruchtbare akkers, die in oogstopbrengst niet voor uitstekende zandgronden behoeven onder te doen. De veenkolonies in Drente en Groningen behooren mee tot de welvarendste streken. En welk een menschenarbeid wordt niet vereischt alvorens de duinen tot bloembollenland zijn afgegraven. En steeds ondergaan onze bouw- en weilanden den invloed van den mensch, als een gevolg van de grondbewerking, van de bemesting, van de geheele cultuur.

Dat door menschenhanden soms groote schade aan den bodem wordt aangebracht, leert ons de Battakhoogvlakte (Sumatra). Bij gebrek aan vruchtbaar land wordt de dichtstbij gelegene lalangvlakte door den Battakker in brand gestoken en een gedeelte er van bebouwd. Op deze wijze ontstaan zich mijlen ver uitstrekkende vlakten, waarvan de bodem

soms ter dikte van een halven voet uit eene compacte zwarte aschlaag bestaat, waardoor geen andere vegetatie dan juist wederom deze zelfde lalang heen kan dringen. Op zulke gronden krijgt men nog geen tiende gedeelte van de rijst, die in de vlakte of langs de hellingen van de Delibergen geoogst wordt. Dit verklaart, waarom zoovele Battakkers zich langs de hellingen der Delibergen komen nestelen, om hier hun onverantwoordelijk bedrijf te herhalen, tot schade van de geheele Oostkust van Sumatra. Welke gevolgen deze ontwouding der berghellingen op de watervoorziening in de benedenstreken hebben kan, werd reeds aan het slot der vorige § uiteengezet.

HOOFDSTUK V.

In dit laatste hoofdstuk wordt in de eerste plaats een overzicht opgenomen van de samenstelling der grondsoorten, welke op Java en Deli voor de Europeesche cultures (suiker, thee, koffie, tabak) in gebruik zijn, terwijl daarop, zeer beknopt, eene beschrijving van het landschapsvoorkomen der groote Soenda-eilanden, meer in het bijzonder dat van Deli, volgt.

§ 15. SAMENSTELLING VAN VOOR VERSCHILLENDE CULTURES OP JAVA EN DELI GEBRUIKTE GRONDEN.

De Suikerrietgronden op Java. In het *Archief voor de Javasuikerindustrie* zijn tal van verhandelingen, voornamelijk van de hand van KOBUS en MARR, over de suikerrietgronden op Java verschenen, waaraan het volgende in hoofdzaak is ontleend.

Volgens het oordeel van alle onderzoekers is het gehalte aan humus en stikstof in de suikerrietgronden de beste maatstaf ter beoordeeling van de vruchtbaarheid. Het gehalte aan organische stof ligt tusschen 0.7 % en 3.5 %; dat van de stikstof tusschen 0.03 % en 0,16 %. Zonder onderscheid zijn alle rietgronden als humusarm te beschouwen. Van groot belang is het percentage van de organische stof aan stikstof, hetwelk tusschen ongeveer 2—7 % inligt. Overeenkomstig hetgeen in Europa geconstateerd is, heeft het onderzoek ook hier als bijna algemeen doorgaanden regel aangetoond, dat hoe lager het gehalte der organische stof aan stikstof is, hoe minder gevoelig de grond is voor stikstofbemesting en hoe hooger dit gehalte is, hoe dankbaarder. Het stikstofgehalte van den bodem zelf schijnt hierop van veel minder invloed te zijn dan het stikstofgehalte der organische stof.

Groote schommelingen vertoonen de rietgronden in zand- en slibgehalte. Het zandgehalte varieert van 0.5—63 %, het slibgehalte van 0—45 % en dienovereenkomstig ook het gehalte aan los- en sterk gebonden water. KOBUS onderscheidt drie typen van rietgrond: *Kleigrond,*

wanneer er meer dan 35 % klei en minder dan 25 % zand in den grond wordt gevonden; *Zandgrond*, wanneer er meer dan 35 % zand en minder dan 25 % klei in gevonden wordt en *Zavelgrond*, wanneer de verhouding tusschen klei en zand of omgekeerd kleiner is dan 1.4

Door MARR is in de laatste jaren een uitgebreid onderzoek ingesteld naar de kalk, de kali en het phosphorzuur in de suikerrietgronden, dat zijn nà de stikstof de drie belangrijkste in den bodem voorkomende plantenvoedingsstoffen. Het gehalte aan vervangbare kalk, bepaald volgens MEIJER door behandeling met eene oplossing van ammoniumchloride (zie blz. 116), bleek betrekkelijk hoog te zijn. Verreweg het grootste gedeelte der onderzochte gronden bevatte meer dan 0.5 % assimileerbare kalk; het hoogste gehalte was 1.56 %. In lichtere gronden kwam van 0.49 tot 0.26 % assimileerbare kalk (CaO) voor. Groote verschillen tusschen boven- en ondergrond werden, op eene enkele uitzondering na, niet geconstateerd. In 't algemeen zijn de zwaardere gronden rijker aan assimileerbare kalk dan de lichtere. Overigens komen op eenzelfde onderneming soms de meest uiteenloopende gehalten voor. Zoo vormen de riettuinen der onderneming Soedhono eene geheele reeks van 1.08 % (tuin Melarih) tot slechts 0.50 % (tuin Alas petjah) toe, waarbij zich dan zonder overgang de grond van den tuin Kloerahan (0.20 % kalk) aansluit. Verband tusschen de ligging der velden en het kalkgehalte kon niet gevonden worden; kalkarme en kalkrijke gronden lagen onregelmatig door elkander.

De kali van de suikerrietgronden op Java is zelden afkomstig van kali- en magnesiaglimmer of van kaliveldspaat, alle mineralen die moeilijk verweeren, vooral de kaliglimmer. In de gesteenten der andesiet- en basaltgroep, die de Javagronden hoofdzakelijk opbouwen, komt als vertegenwoordiger der veldspaten in plaats van de kaliveldspaat, de eenigszins gemakkelijker ontleedbare plagioklaas voor. Er werken nu drie oorzaken mede, om in dezen grond weinig behoefte aan kalimeststoffen te verwachten. In de eerste plaats de betrekkelijk gunstige vorm, waarin de kali, afkomstig van de gemakkelijker ontleedbare plagioklaas, voorkomt; in de tweede plaats de snelheid, waarmede in een tropisch klimaat het verweeringsproces geschiedt, terwijl ten slotte niet uit het oog verloren moet worden, dat ook met het irrigatieslib (en -water) vrij belangrijke hoeveelheden kali (en andere plantenvoedingsstoffen) worden toegevoerd. Op deze wijze kan men zich denken, dat een

toestand ontstaat, tengevolge waarvan de door verweering vrijkomende kali en die, welke door de oogsten weggenomen wordt, lang met elkaar in evenwicht zullen blijven; mogelijk kan tengevolge van kalitoevoer in het irrigatieslib (en -water) zelfs nooit eene kalibehoefte van den bodem ontstaan. Het kan onder deze omstandigheden geen verwondering baren, dat de grenscijfers voor Europeesche gronden, beneden welke eene kalibemesting allernoodzakelijkst is, niet voor de tropen doorgaan en dat bij gronden met slechts 0.07 % in kokend zoutzuur oplosbare kali geen behoefte aan bemesting met kalimeststoffen is waargenomen.

Het gehalte aan totaal kali ligt tusschen 1.53 en 0.37 %; dat aan in kokend zoutzuur oplosbare kali tusschen 0.47 en 0.06 %. Door MARR is ook bepaald hoeveel kali in gemakkelijker oplosbaren vorm aanwezig is, door behandeling met koud verdund zoutzuur of volgens DYER met 2 % citroenzuur. Het bleek, dat onafhankelijk van het in sterk zoutzuur oplosbare kaligehalte (zgn. moeilijk oplosbare kali) steeds ongeveer 50 % van de moeilijk oplosbare kali oplosbaar was in koud zoutzuur en ongeveer 15.5 % in 2 % citroenzuur. Dit zelfde gedrag van nagenoeg alle gronden vindt zijne verklaring in de gelijkmatige samenstelling der Javagronden.

Ook uit de gehalten aan phosphorzuur blijkt, dat de Europeesche begrippen van vruchtbaarheid van den bodem niet altijd van toepassing zijn op de gronden in onze koloniën. Gronden, die tusschen 0.02—0.04 % in koud zoutzuur oplosbaar phosphorzuur bevatten, noemt WOHLTMANN (Nährstoffkapital Westdeutscher Böden) zeer arm en die, welke minder dan 0.02 % van dit bestanddeel bevatten, zijn slechts in beperkte mate voor cultuur geschikt. Suikerriettuinen met 0.006 % in koud zoutzuur oplosbaar phosphorzuur gaven nog goede oogsten, al moet steeds aan de bemestende werking van irrigatieslib en -water gedacht worden. De door MARR vermelde phosphorzuurgehalten der suikerrietgronden liggen tusschen 0.27 en 0.01 %, zoodat van een bepaald gebrek aan phosphorzuur geen sprake kan zijn, al zullen de gronden met het laagste phosphorzuurgehalte wel op eene phosphorzuurbemesting reageeren.

In 1911 verscheen in de Handelingen van het negende congres van het Algemeen Syndicaat van Suikerfabrikanten in Nederlandsch-Indië het praeadvies van B. BOKMA DE BOER over „De urgentie van

grondonderzoek in verband met het bemestingsvraagstuk." Door dezen onderzoeker werden in de laatste jaren alle gronden, welke door de suikerondernemingen van de Nederlandsche Handel-Maatschappij in West-Java worden geëxploiteerd, systematisch onderzocht, met het doel na te gaan, of er een zeker verband te vinden is tusschen de verschillende groepen, waarin de gronden volgens de analyseresultaten kunnen worden ingedeeld en de producties op die gronden behaald met Cheribonriet in de jaren 1907, 1908 en 1909. Dit bleek inderdaad het geval te zijn; de slechtst produceerende ondernemingen wezen de slechtste grondanalyses aan. In verband met deze grondanalyses werden daarna tal van bemestingsproeven aangezet met phosphorzuur en kali, naast stikstof, welke o.m. de volgende voorloopige resultaten opleverden. De gronden met het slechtste phosphorzuurgehalte reageeren op een phosphorzuurbemesting; de betere gronden waarschijnlijk niet. Verreweg de meeste gronden geven met een kalibemesting productieverhooging; echter hangt dit succes in hooge mate af van de wijze, waarop deze bemesting gegeven wordt. Een kalibemesting heeft tegelijkertijd noodig eene bemesting met organische stof, waarschijnlijk om te voorkomen, dat de kalizouten door den grond vastgehouden worden.

De gronden, waarop in Java thee gecultiveerd wordt. Door van Romburgh en Lohmann zijn een aantal gronden van goed en minder goed produceerende theetuinen onderzocht; aan de door 's Lands Plantentuin gepubliceerde verslagen ontleenen wij het volgende:

De theegronden bestaan alle uit een lichte, min of meer donker gekleurde klei van vulkanischen oorsprong (laterietachtigen bodem). De samenstelling is vrij gelijkmatig. De hoeveelheid door sterk zoutzuur (en loog) ontleedbaar verweeringssilikaat (silikaat A, zie tabel IV) is zeer groot (72—79 %), waarmede gepaard gaat een hoog gehalte aan sterk gebonden water (11—13 %). Het verweeringssilikaat is zeer basisch; de moleculaire verhouding Al_2O_3 : SiO_2 schommelt van 1 : 1.5 tot 1 : 2. Een type van deze gronden is in tabel IV (No. 14) opgenomen. Humus- en stikstofgehalte vertoonen groote verschillen; ze liggen tusschen 2.9 % organische stof (oude theetuin) met 0.12 % stikstof en 8.1 % organische stof (zeer goed produceerende theetuin) met 0.39 % stikstof. Tusschen humus en stikstof bestaat een vrij standvastige verhouding: de organische stof bevat ongeveer 5 % stikstof (N).

Het schijnt, dat voor een goede productie een hoog humusgehalte van groot belang is. Maatregelen moeten derhalve genomen worden om het humusverlies, dat in onze tropen, zooals wij reeds herhaaldelijk zagen, vooral in het regenrijke West-Java, soms zeer groote afmetingen aanneemt, zoo veel mogelijk te verminderen. Op een met flink ontwikkelde theeheesters beplanten grond, waar òf door terrassen, òf door blinde goten de wegspoeling zooveel mogelijk wordt tegengegaan en waar onkruid en snoeisel behoorlijk ondergewerkt worden, zal het verlies zeker aanzienlijk kleiner zijn en zullen de tuinen langer in goeden cultuurtoestand blijven.

Het gehalte van de theetuinen aan in verdunde zuren oplosbaar phosphorzuur, liggende tusschen 0.09—0 22 %, is betrekkelijk hoog; aan kali (0.03—0.10 %) en kalk (0.02—0.12 %), beide in verdunde zuren oplosbaar, zijn deze gronden niet rijk te noemen. Koolzure kalk kwam in geen enkelen grond voor. Mogelijk staat het verschil in kalkgehalte tusschen deze gronden en die van Midden- en Oost-Java in verband met het verschil in klimaat.

Gronden van koffietuinen. Door KRAMERS zijn tal van koffiegronden onderzocht, waarvan de resultaten in de *Mededeelingen van 's Lands Plantentuin* zijn opgenomen.

Tusschen het gehalte aan organische stof en dat aan stikstof van deze gronden bestaat eene vrij vaste verhouding van 20 tot 1; de organische stof bevat derhalve ongeveer 5 % stikstof. In gronden met weinig organische stof bedraagt het gehalte van de organische stof aan stikstof wel eens wat meer dan 5 %. De hoogste cijfers voor organische stof, en dus ook voor stikstof vindt men bij de hooger gelegen ondernemingen. Doordat de grond daar in den regel vochtig blijft en zelden of nooit uitdroogt, neemt op zulke terreinen de verweering van de organische stoffen een langzamer verloop en ontstaan in de bovenlaag ophoopingen van molmigen humus; boven de 1000 M. zeehoogte treft men zelfs plekken aan, waarvan bijna van eene soort van veenvorming gesproken kan worden. De humus neemt echter geen zuur karakter aan; de gronden blijven los en doorlatend en behooren tot de beste koffieterreinen.

Koolzure kalk speelt in de koffiegronden geen rol, integendeel, ook de koffiegronden zijn, evenals de theegronden, in tegenstelling

met de suikerrietgronden, kalkarm, zoodat KRAMERS bemestingsproeven met kalk aanraadt. Een groot gedeelte van de totaalkali is in losgebonden toestand aanwezig, zoodat geen gebrek aan dit bestanddeel verwacht wordt. Betreffende het gehalte aan phosphorzuur zijn geen algemeene cijfers te geven, maar er is, volgens KRAMERS, nog geen behoefte aan phosphorzuurbemesting te verwachten.

Gronden voor djaticultuur. In het *Jaarboek van het Departement van Landbouw in Nederlandsch-Indië*, 1909, deelt MOHR mede, dat het onderzoek der boschgronden in verschillende richtingen nog in vollen gang is. Reeds uit een enkel voorbeeld blijkt, dat soms met succes de oorzaak van het verschil in groeiplaatsboniteiten kan worden aangegeven. Er zal echter nog heel wat onderzoek noodig zijn, alvorens voor alle plaatsen, waar de djati minder goed staat, de oorzaken van den slechten stand zullen zijn aangewezen en de mogelijke middelen ter verbetering aangegeven.

Tabaksgronden, Java. Door VAN BEMMELEN zijn een drietal tabaksgronden uit Java onderzocht, waarvan er twee in tabel IV, onder No. 4 en 11 zijn opgenomen. Het derde monster, van Sirka Anjar, Malang, komt in samenstelling met dat van Gondang Legie overeen. Beide gronden, zegt VAN BEMMELEN, leveren voortreffelijke Malangtabak en zijn zeer vruchtbaar.

In 1911 verscheen als eerste Mededeeling van het proefstation voor tabak (Departement van Landbouw) een studie over den grond in de Vorstenlanden, van de hand van Dr. O. DE VRIES. Het mineralogische onderzoek van verschillende grondmonsters voerde tot de conclusie, dat alle onderzochte gronden, van de helling van den Merapi tot vlak aan den voet van het Zuidergebergte en tot den Progo toe, verweeringsproducten zijn van eenzelfde vulkanisch materiaal, het andesiet. Zij zijn dus alle verwant, behooren tot eenzelfde familie en onderscheiden zich alleen naarmate zij als grover of als fijner materiaal zijn afgezet, naarmate zij versch of meer verweerd zijn. Zij bevatten dienovereenkomstig in hunne grovere bestanddeelen een ruim reservekapitaal aan plantenvoedingsstoffen, dat door verweering langzamerhand ter beschikking komt; geheel anders dan vele sterk verweerde lateriet-gronden elders op Java, wier kapitaal aan voedende bestanddeelen

reeds zoo goed als opgeteerd is. Uit het scheikundig onderzoek van een 11-tal gronden bleek o.a. dat de zware gronden veel minder phosphorzuur bevatten dan de zandige (ongeveer 0.15 % tegen ongeveer 0.02 % in kokend 11 % salpeterzuur oplosbaar phosphorzuur).

Tabaksgronden, Deli. In hoofdzaak kunnen op Deli twee bodemtypen onderscheiden worden (zie § 16) te weten de roodbruin en de rood gekleurde, op de aschlaag gelegen verweeringsgronden en de aangeslibde, meestal licht gekleurde grondsoorten; waarbij verder nog komen de zwarte humeuze zandgronden en de veenachtige gronden (paja's, zie fig. 12). Reeds door VAN BEMMELEN zijn voor vijfentwintig jaar onderzoekingen ingesteld naar de samenstelling van de beide hoofdtypen (zie tabel IV, No. 1 en 10).

De roodbruine en de roode gronden bezitten een verweeringssilikaat A van groote basiciteit en drogen in tot een gemakkelijk fijn te wrijven massa. De roodbruine, chocoladekleurige gronden bevatten meer humus en zijn minder ver verweerd dan de roode gronden; zij behooren nog steeds met de gemengde klei-zandgronden en de zwarte humeuze zandige gronden tot de meest vruchtbare tabaksbodems op Deli. Het is van deze roodbruine grondsoort, dat VAN BEMMELEN getracht heeft een samenhang te vinden tusschen de resultaten van het scheikundig onderzoek en de vruchtbaarheid voor tabak. De oorzaken voor deze vruchtbaarheid zijn volgens VAN BEMMELEN:

1⁰. Een hoog gehalte aan humus en in ammoniak oplosbare humaten.

2⁰. Een hoog stikstofgehalte.

3⁰. Een hoog phosphorzuurgehalte.

4⁰. Een goed gehalte aan in verdund zuur oplosbare kali.

5⁰. Het feit, dat deze kali aan humusstoffen en in het kolloïdaal silikaat gebonden is.

6⁰. Een hoog gehalte aan in zoutzuur oplosbaar kolloïdaal silikaat, dat veel gebonden water bevat en een zeer basisch aluminiumsilikaat is (1 tot 2 moleculen SiO_2 op 1 molecule Al_2O_3).

7⁰. Eene zoodanige physische samenstelling van het silikaat, dat de grond niet tot eene te harde kleimassa indroogt. Zoo droogt de roodbruine grond in tot een gemakkelijk fijn te wrijven, korrelige massa.

Zooals reeds werd opgemerkt (zie blz. 103 en 104) is dit laatste toe te schrijven aan de uitvlokkende werking van de ijzerverbindingen op de kolloïdale kleisubstantie.

Verder wordt vermeld, dat de humus, de losse physische geaardheid van den grond en de eigenaardige samenstelling van het verweeringssilikaat ongetwijfeld zeer gewichtige momenten zijn voor het behoud van het juiste vochtgehalte en voor de voeding der planten door de wortels.

Het verweeringssilikaat van de licht gekleurde, aangeslibde gronden bezit eene geringere basiciteit en bevat minder ijzer in *losgebonden* vorm dan de roode gronden. Na bevochtiging drogen deze gronden op tot een veel hardere massa dan de roode gronden. De hoeveelheid van het verweeringssilikaat in deze alluviale gronden is in hooge mate afwisselend, omdat door de rivieren nu eens klei, dan weder zand wordt medegevoerd.

Het humusgehalte van de beide hoofdtypen schommelt tusschen 1.7 % (met 0.13 % N) en 4.7 % (met 0.26 % N); de zwarte humeuze zandige gronden en de veenachtige gronden bevatten meer organische stof (ongeveer 7 tot 9 %). Het gehalte van den humus aan stikstof bedraagt van ongeveer 5 % tot 10 %; de organische stof is hier derhalve stikstofrijker dan op Java.

Na VAN BEMMELEN heeft vooral VAN BIJLERT (zie *Mededeelingen uit 's Lands Plantentuin*) zich met het onderzoek der Deligronden bezig gehouden; veel van het bovenstaande is mede aan de door hem verkregen resultaten ontleend. Door schrijver dezes zijn van tal van typische Deligronden de gehalten aan totaal stikstof, kali, kalk en phosphorzuur, oplosbaar in niet al te sterke zuren, bepaald, waarbij de volgende cijfers verkregen werden (in procenten van den bij 105° C. gedroogden bovengrond [1]):

TABEL VI.

	STIKSTOF (N)	PHOSPHORZUUR (P_2O_5)	KALI (K_2O).	KALK (CaO).
Kleigronden	0.14—0.25	0.03—0.15	0.09—0.27	0.16—0.62
Zand-kleigronden	0.10—0.23	0.03—0.26	0.16—0.28	0.13—0.60
Zwarte humeuze gronden .	0.39—0.88	0.33—0.60	0.05—0.12	0.09—0.42
Chocoladekleurige gronden	0.21—0.42	0.03—0.15	0.02—0.15	0.11—0.29
Roode heuvelgronden ...	0.20—0.30	0.01—0.06	0.03—0.11	0.07

[1]) Onderzoek van Deligronden, *Landbouwkundig Tijdschrift*, 1903.



Fig. 12. Baggermolen in paja (veenachtigen grond), Deli, O. K. Sumatra.

Een enkele kleigrond, waarop nog nooit tabak verbouwd was (Batang Kwis), bevatte in den bovengrond 0.51 % stikstof (N) en 0.19 % phosphorzuur (P_2O_5). In de jaren 1906—1912 zijn onder leiding van VRIENS uitgebreide onderzoekingen ingesteld over de Deligronden, waarvan de resultaten in de *Mededeelingen van het Deli Proefstation* zijn opgenomen.

§ 16. HET LANDSCHAPSVOORKOMEN VAN DE GROOTE SOENDA-EILANDEN, MEER IN HET BIJZONDER DAT VAN DELI (O. K. VAN SUMATRA).

Het ligt in de bedoeling hier slechts een zeer vluchtig overzicht van het landschapsvoorkomen der groote Soenda-eilanden te geven; meer in het bijzonder zal echter dat gedeelte van de Oostkust van Sumatra beschreven worden, waar sinds de laatste 30 tot 35 jaar de wereldberoemde Deli-tabak verbouwd wordt.

Java. In korte trekken kan men zich het ontstaan van Java aldus voorstellen. Tijdens het begin van het tertiaire tijdvak was op de plaats, waar nu Java ligt, geheel of grootendeels zee. Er hadden hevige onderzeesche erupties plaats, waardoor groote hoeveelheden vulkanische gesteenten boven de oppervlakte der zee kwamen en aangezien tegelijkertijd en ook later de bodem der zee daar ter plaatse opgeheven werd, vormde zich langzamerhand nieuw land. Ook het organische leven in de diepten der zee hielp mede tot de bodemvorming van Java, door het vormen van kalksteen en mergels, die bijna altijd in meerdere of mindere mate andesietgruis, afkomstig van de vergruisde uitgeworpen vulkanische producten, bevatten. In het quartaire tijdvak, volgende op het tertiaire, vernieuwde zich de vulkanische werking en het zijn voornamelijk de in dit tijdvak uitgeworpen producten, die den bodem van Java hebben opgebouwd.

In het algemeen gesproken treffen we aan de Noordzijde van Java de volgende bodemformatie van de zee tot den vulkaantop aan. Aanvangende bij het laagst gelegen deel, vindt men eerst de bij eb droog loopende kuststrook en verder de nog lager gelegen modderbanken in zee. Dan volgt de lage strook langs de kust, die voor den aanleg van vischvijvers wordt gebezigd. Daarna komt de vlakte, het eigenlijke laagland, met plaatselijk nog enkele brakke gedeelten en waar in het

algemeen de cultuur van de zoogenaamde laaglandgewassen mogelijk is; vervolgens de strook, waar het opvangen en tegenhouden van het water bezwaarlijker wordt, zoodat het irrigeeren en het in cultuur brengen van terreinen den aanleg van terrassen noodzakelijk maken. Hierop volgt de streek voor de zoogenaamde hooglandcultures en eindelijk het hooggebergte. Aan de Zuidzijde van Java treffen we in hoofdzaak òf duinen, òf eene steile kust (zie fig. 13) aan.

Het laagland heeft zijne grootste breedte aan de Noordkust van West-Java. Op de vlakke alluviale kleistrook, die in lateren tijd door de rivieren en de zee gevormd is, volgt meer landwaarts in de hooger gelegen quartaire vlakte, welke door de rivieren doorsneden wordt met diepe dalen. De nagenoeg of geheel horizontale lagen van deze vlakte bestaan uit vulkanische breccien en tuffen, rolsteenbeddingen van andesiet en gruis van de tertiaire gesteenten. Aan de oppervlakte is alles tot roodbruine klei (lateriet) verweerd. De grens van het quartair met de tertiaire heuvels is overal vrij scherp aan te geven. Daar achter ligt een breed, samenhangend bergland, dat nagenoeg tot de Zuidkust van het eiland doorloopt (zie fig. 13 Kaap Karang Hawoe, bij Tji Solok, Preanger). In het Oostelijke deel van het bergland van de Preanger Regentschappen liggen groote vlakke plateau's, waarvan wij de bekende Bandoengsche vlakte vermelden. Deze vlakte ligt tusschen 650 en 680 M. boven zee en is van Oost naar West 50 K.M. lang en ongeveer 10 K.M. breed. Het geheele terrein is het stroomgebied van de Tji Taroem en is aan de oppervlakte tot een roode, vette, leemachtige aarde verweerd.

De vlakke Noordkust van Midden-Java is vrijwel gelijk aan die van West-Java. In het Zuiden van Midden-Java treffen we verschillende vlakten aan o.a. de vlakte van Banjoemas (met de Serajoe-vallei), grootendeels opgebouwd uit grof, vulkanisch materiaal; de Zuidelijke kuststrook van Banjoemas, uit alluviale, moerassige klei bestaande, en de Djokja'sche vlakte, welke aan de oppervlakte geheel uit vulkanisch zand en steenen bestaat, nabij de grens der tertiaire heuvels vermengd met de brokstukken en verweeringsproducten van de tertiaire lagen. Langs de zeekust, van Mantjingan naar de mondingen der rivieren Opak en Progo tot aan de Bagelensche grens, vindt men eene lage reeks zeezand, kleine duinen vormende, waarachter een uitgestrekt strandmoeras ligt.

Wat Oost-Java betreft, vermelden wij de vlakte en de vallei van Djoewana, die uit een smalle strook zeezand en zeeklei bestaan. Bij Rembang is de kust smal en bestaat uit gele klei en kalkhoudende tuffen. De vlakte van Soerabaia hangt samen met die der Oostelijke residentiën langs de Noordkust. Een groot gedeelte van de residentie Soerabaia bestaat uit post-tertiaire afzettingen, die uitgestrekte vlakten vormen en hoofdzakelijk afgezet zijn door de Brantas- of Soerabaia-rivier en de Solo-rivier. Een gedeelte van die vlakten bestaat echter



Fig. 13. Zandsteenlagen bij Kaap Karang Hawoe bij Tji Solok. Preanger.

uit zeeafzettingen met talrijke marineschelpen; de grens tusschen rivier-afzettingen en de zeewater-sedimenten is meestal zeer moeilijk aan te geven. Het zee-alluvium strekt zich echter op sommige punten uit tot 22 K.M. ver landwaarts in.

Aan de Zuidkust van Bezoeki en Pasoeroean treft men zand, duinen en moerassen aan.

Wij moeten hier met deze zeer korte en onvolledige opsomming volstaan. Eene goede agronomische beschrijving van de streken van Java, waar de landbouw wordt uitgeoefend, ontbreekt tot heden. Eene

verdienstelijke poging in deze richting is aangewend door Mohr (zie *Teysmannia*, 20 en 21, Over den grond van Java), maar het spreekt wel van zelf, dat een land, vier maal zoo groot als Nederland, niet in enkele vellen te beschijven is.

Sumatra. Terwijl ten Westen van den Boekit Barisan slechts kleine geïsoleerde kustvlakten voorkomen, wordt de geheele Oostelijke strook van Sumatra in hoofdzaak gevormd door eene uitgestrekte laagvlakte, die in het midden breed is en naar het Noorden (Atjeh) en het Zuiden (Straat Banka) smaller wordt. Aan de kust van deze vlakte treft men grootendeels strandbosschen (voornamelijk rhizophoren) aan, waarop eene zacht hellende, met oerwouden bedekte vlakte volgt, welker bodem uit klei en zand bestaat, terwijl aan den voet van het gebergte eene roode of roodbruine laterietachtige grondsoort voorkomt. Het meest bekende gedeelte van Sumatra's Oostkust is wel Deli.

Deli. Nadat door van Bemmelen omstreeks 1890 de eerste grondmonsters uit Deli onderzocht waren, leverde van Bijlert in 1896 eene beschrijving van de grondsoorten, welke in Deli voor de tabakscultuur worden gebezigd en van hare eigenschappen. In 1901 verscheen van de hand van schrijver dezes eene voorloopige proeve eener grondsoortenkaart van een gedeelte van Deli, met toelichting. Het volgende is aan deze beide laatste publicaties ontleend[1]).

Het landschapsvoorkomen van het eigenlijke Sultanaat van *Deli* met de vlak aangrenzende strooken van Langkat en Serdang onderscheidt zich in hooge mate van dat van het overige tabakverbouwende gedeelte van de Oostkust van Sumatra. In Deli treft men eene zachthellende vlakte aan, die den overgang vormt van de vlakke kuststrook naar het heuvelland. In de overige landstreken strekt de vlakke kuststrook zich uit tot een plotseling uit de vlakte vrij steil oprijzend heuvelland. Hier bestaat dus geen geleidelijke overgang van het hoogere terrein naar de zee; de zacht hellende, uit vulkanische asch en zand bestaande vlakte ontbreekt.

[1]) In het jaar 1911 voltooiden Vriens en Tijmstra hunne publicaties over „Deligronden" in de *Mededeelingen van het Deliproefstation*, waarbij een schetskaartje van de voornaamste grondsoorten ter Oostkust van Sumatra gevoegd werd, dat echter ook wederom als basis van eene definitieve grondsoortenkaart bedoeld is.

De reden van dit verschil in landschapsvoorkomen is hierin gelegen, dat het Sultanaat van Deli juist aan het hooggebergte grenst, waar zich vulkanen bevinden. Bij eene uitbarsting is het dus ook hoofdzakelijk dit deel van de zich langs straat Malakka uitstrekkende strook geweest, dat bij eene eruptie overdekt is geworden met steenen, zand en asch. Later zijn deze producten door het naar de zee stroomende water vlak uitgespreid en hebben de zacht glooiende helling gevormd, die voor het landschap Deli karakteristiek is, doch die in de Oostelijk en Westelijk ervan gelegen landstreken niet voorkomt. De grenzen van deze vlak uitgespreide asch- en zandlaag strekken zich nog voor een deel uit op het Serdang- en Langkatgebied. Naar het Westen komen gele heuvels van geheel andere samenstelling, naar het Oosten een helrood golvend heuvelland. Het land van Deli is op een afstand van de zee, waar men in Oostelijker en Westelijker gelegen streken laagland aantreft, vroeger lager geweest. Hiervoor is het vinden te Medan van hout op eene diepte van 7 M. een bewijs.

We bepalen ons hier hoofdzakelijk tot eene beschrijving van de grondsoorten van het eigenlijke Deli.

Tot de *aangeslibde* gronden behooren:

1⁰. De klei- en zandgronden en de gemengde gronden.

2⁰. De klei-paja's. (Zie fig. 12; baggermolen in een paja). Zeer diepe paja's, waarvan de hoofdmassa van den bodem uit vergane plantendeelen bestaat en de door het water meegevoerde kleideeltjes op den achtergrond geraken, komen weinig voor. De zoogenaamde kleipaja's maken de meerderheid uit, weshalve ze tot de aangeslibde gronden gerekend kunnen worden.

Tot de verweeringsgronden, die derhalve ontstaan door de verweering van een oorspronkelijk uit vulkanische steenen, zand en asch gevormden bodem en door de verandering tengevolge van den plantengroei, behooren:

1⁰. De meer of minder humusrijke en kleiachtige grond, die op eene vulkanische asch- en zandlaag is ontstaan en die hoofdzakelijk in de zacht hellende Deli-vlakte voorkomt. De kleur is in hoofdzaak chocoladebruin tot rood toe.

2⁰. De gronden in de heuvelstreek, uitgezonderd die, welke aldaar uit het water zijn afgezet, zooals witte of lichte klei en de pama's.

De klei- en zandgronden en de gemengde gronden komen hoofdzakelijk in de vlakke kuststrook voor en wisselen elkaar soms vrij grillig af. Soms loopt door een moerasgrond of door een kleigrond een hoog zandig gedeelte, pematang geheeten, waarschijnlijk afkomstig van een vroegeren waterloop. Ook in de zacht hellende vlakte komen dergelijke strooken van door rivieren gedeponeerde zandige deelen voor, die gewoonlijk tengevolge van den grooten rijkdom aan humus zwart gekleurd zijn; deze zwarte humeuze zandgronden behooren mede tot de rijkste op Deli. Tot de meer zandige gronden behooren ten slotte de pama's, dat zijn strooken vlak land, gelegen tusschen het bed van een rivier en den steilen, hooger gelegen oever, welke alleen bij hoogen waterstand onderloopen. Zij komen hoofdzakelijk voor in de hooger gelegen streken, waar bij eene overstrooming het water nog eene te groote stroomsnelheid bezit om veel kleideeltjes te laten bezinken.

Paja is het Maleische woord voor een moeras met plantengroei. Op alle plaatsen, waar onvoldoende waterafvoer is, heeft zich paja gevormd, dus hoofdzakelijk in de lage, bij de zee gelegen streken. In de bij de zee gelegen paja's komt gewone turfgrond (laagveen) voor op een ondergrond, hoofdzakelijk uit klei bestaande en soms afgewisseld door klei- en zandruggen, als overblijfsels van vroegere rivierloopen. De pajagronden, die zich onmiddellijk aan de kleistreek aansluiten, zijn eenigszins als overgangen te beschouwen; het zijn mengsels in wisselende verhoudingen van klei en veen.

De hellende Deli-vlakte bestaat hoofdzakelijk uit den chocoladekleurigen grond, die ontstaan is door verweering van eene laag als die, waarop ze nu rust. Eene hoogere ligging, die het terrein voor overstrooming vrijwaarde, gepaard met eene geringe helling, waardoor geen gevaar voor wegspoeling van humeuze verweeringsstoffen bestond, heeft de vorming van een zeer lossen, humusrijken boschgrond in de hand gewerkt. De door VAN BEMMELEN gegeven beschrijving heeft betrekking op deze grondsoort. Volgens VAN BIJLERT verandert deze grond na de cultuur van tabak zeer snel in een humusarmen rooden kleigrond, zoodat men vooral door herwouding voor het behoud van de goede eigenschappen van deze grondsoort zorg moet dragen. Aan de hand van mijne onderzoekingen valt ook een vrij groote achteruitgang in de vruchtbaarheid van deze chocoladekleurige gronden te constateeren.

Waar de zacht hellende vlakte in de kuststrook overgaat, treft

men uit den aard der zaak de meest uiteenloopende grondsoorten op een afstand van soms enkele honderden meters naast elkander aan.

Aan de andere zijde gaat de zacht hellende Deli-vlakte over in het heuvelland. VAN BIJLERT onderscheidt twee hoofdtypen van heuvels, die schijnbaar zonder regelmaat naast elkander voorkomen: 1. heuvels uit eene homogene tufsteenachtige massa opgebouwd en 2. heuvels bestaande uit vulkanische steenen, zand en asch.

De aan het Sultanaat van Deli grenzende landschappen Langkat en Serdang en eveneens het meer Oostelijk van Serdang gelegen Padang—Bedagei zijn gekenmerkt door het ontbreken van de zacht hellende, uit vulkanische asch en zand bestaande vlakte; hier strekt de vlakke kuststrook zich uit tot een plotseling uit de vlakte vrij steil oprijzend heuvelland. De structuur van den bodem der kuststrook is hier ook eene andere dan die van Deli. De aanwezigheid van grind en steenen van andere geaardheid wijst er op, dat we hier met eene oudere formatie te doen hebben. Evenzoo ontbreekt de voor Deli zoo karakteristieke vulkanische asch. Het heuvelland van Langkat is geel, van Serdang en Padang—Bedagei rood.

Borneo en *Celebes.* Van beide eilanden is eerst na de onderzoekingstochten van MOLENGRAAFF en van de gebroeders SARASIN iets meer bekend geworden.

Op Borneo komt naast het bergland voor: *a.* een golvend heuvelland met reeksen of groepjes van hoogere bergtoppen bezaaid, welke zich ook wel eens geheel geïsoleerd verheffen; *b.* uitgestrekte laagvlakten. Het heuvelland is opgebouwd uit vulkanische gesteenten (andesiet en basalt). In de laagvlakte zijn te onderscheiden het droge diluviale laagland en de moerassige, alluviale zeekusten, ontstaan door de aanvoering van het slib der rivieren. Hoe snel deze aanslibbing kan plaats vinden, heeft men aan de Westzijde van Borneo in Landak kunnen constateeren, waar zich in de laatste vier eeuwen eene nagenoeg 44 KM. breede strook nieuw land gevormd heeft.

De kennis van Celebes is, zelfs na de ontdekkingsreizen der SARASIN's, nog zeer gebrekkig. Het geheele eiland bestaat nagenoeg uit hoogland met smalle strooken laagland langs de kust, die zooals bijv. aan de Westkust, langs de straat van Makassar, ongeveer eene breedte van 12 tot 15 K.M. bereiken.

Het best bekend is de Minahasa, gelegen in het N. O. schiereiland. Ook hier treft men eene hoogvlakte aan met smalle kuststrooken. De onderzoekingstochten van de zendelingen SCHWARZ en LANGE en vooral van de SARASIN's hebben de streek ten Westen van de Minahasa tot de Bonerivier meer bekend doen worden. Wij noemen hier slechts het plateau van Mongondou, dat gemiddeld 1000 M. hoog is en een zeer vruchtbaren bodem bezit met een gezond klimaat, maar tot nu toe slechts met dichte oerwouden bedekt is.

Van de overige eilanden is op het hier behandelde gebied zoo weinig bekend, dat wij er geen bespreking over kunnen geven.

In het jaar 1914 verscheen de eerste Geologische Schetskaart van Nederlandsch Oost-Indië, samengesteld door E. C. ABENDANON.

Litteratuur Overzicht.

In een werk als dit kan volstaan worden met een kort overzicht van de bronnen, welke geraadpleegd werden.

Bodenkunde door E. RAMANN.

Lehrbuch der Agriculturchemie door Dr. ADOLF MAYER; die Bodenkunde.

De invloed der mikroben op de vruchtbaarheid van den grond en op den groei der hoogere planten, door M. W. BEIJERINK; *Landbouwkundig Tijdschrift* 1904.

Verschillende verhandelingen van de hand van Prof. Dr. J. M. VAN BEMMELEN.

Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en Veeteelt, door G. REINDERS, eerste deel: De Bodem van Nederland en Kennis van den Bouwgrond.

Publicatie's van schrijvers over Nederlandsch-Indië. (PRINSEN GEERLIGS, VAN LOOKEREN CAMPAGNE, KRAMERS, VAN ROMBURGH, VAN BREDA DE HAAN, VAN BIJLERT, MOHR, MARR, e. a.), gedeeltelijk verschenen in de verschillende publicaties, vroeger uitgegaan van 's Lands Plantentuin en thans van het Departement van Landbouw van Nederlandsch-Indië, gedeeltelijk in het *Archief voor de Java Suikerindustrie* en in *Teysmannia*.

Geologische beschrijving van Java en Madoera door Dr. A. D. M. VERBEEK en R. FENNEMA.

BEMESTING

DOOR

Dr. A. VAN BIJLERT.



INHOUD.

Woord vooraf.

Aanleiding om ingrijpende wijzigingen aan te brengen bij het opnieuw bewerken van het gedeelte „Bemesting" bestaat er vooralsnog niet. In verband met den aard van het onderwerp en met het doel en den opzet van dit handboek is een algemeene en uitvoerige behandeling, waarbij het vraagstuk van alle zijden beschouwd en toegelicht zou moeten worden, hier niet op zijn plaats; het is niet bedoeld, noch gevraagd. Een bemestingsleer, of liever een tropische bemestingsleer, moet men in het onderstaande niet verwachten, want om tot een eenigszins bruikbaar en samenhangend geheel te komen, zoude dan niet alleen aan de natuurwetenschappelijke zijde van het vraagstuk recht moeten wedervaren, maar ook aan die van anderen aard. Behalve met het aandeel, dat aan de botanie, geologie, scheikunde, enz. toekomt, ware dan ook rekening te houden met de zuiver landbouwkundige vakken, met de irrigatie en verder met den invloed, die uit factoren van oeconomischen en legislatieven aard voortspruit. Zelfs bij een zeer beknopte behandeling, zoude de omvang, om eenigszins volledig te zijn en niet aan de duidelijkheid te kort te schieten, te groot zijn voor de beschikbare ruimte. Beperking blijft geboden en het doen van een keuze uit enkele onderdeelen van de bemesting onvermijdelijk.

De wijze van behandeling moge in het algemeen dezelfde zijn gebleven, dat is in vele opzichten niet het geval met den inhoud der verschillende onderdeelen; op velerlei gebied vertoonen deze juist in den loop der laatste jaren ingrijpende veranderingen of groote uitbreiding in verschillende richting. Hetgeen destijds omtrent den oerboschgrond is medegedeeld, blijft, behoudens een kleine uitbreiding, gehandhaafd. Voor buitenstaanders of voor degenen, die weinig of niet met de praktijk in aanraking komen, moge het wellicht een vreemden indruk maken, bij bemesting, oerboschgrond, en nog wel buitengewoon

rijken oerboschgrond, ter sprake te brengen, bij nader inzien is de zaak anders. Vooreerst al, omdat de zorg voor de aanwezigheid van een *voldoende* hoeveelheid plantenvoedsel in den grond het wezen der bemesting uitmaakt en ten tweede, omdat in de praktijk wel de meening heerschte, dat men de schade, die cultuurgewassen kunnen ondervinden van de te groote vruchtbaarheid van sommigen oerboschgrond, kan verminderen of opheffen door toevoeging van bepaalde stoffen. Zoolang deze meening bestaat, is het niet overbodig de korte toelichting te laten staan.

Hetgeen destijds over de bemesting van zandgrond vermeld is, blijft evenzoo gehandhaafd, omdat juist op bemestingsgebied typische en karakteristieke verschillen optreden bij vergelijking van het gedrag van vele Java-zandgronden met dat van zandgronden elders.

Inleiding.

In de laatste jaren valt een periode van groote bedrijvigheid en uitbreiding op landbouwkundig gebied te constateeren, niet het minst in onze overzeesche bezittingen. Uitbreiding van het onderzoek ten behoeve van den landbouw en de landbouwindustrie heeft hiermede gelijken tred gehouden. Nieuwe proefstations zijn opgericht; bestaande gereorganiseerd en uitgebreid; ook heeft het aanstellen van landbouwleeraars er veel toe bijgedragen, dat onze kennis van den Inlandschen landbouw vergroot is en dat nieuwere werkwijzen ook hier nuttige toepassing gaan vinden. In bijna alle genoemde gevallen bleven vraagstukken op bemestingsgebied in behandeling of zijn sedert in studie genomen, zoodat het geheel aan gegevens op dit gebied aanmerkelijk is toegenomen, zoo in omvang, als in verscheidenheid.

Bij de suikerriet-cultuur blijft het bemestingsvraagstuk urgent, omdat veel grootere kapitalen dan vroeger in het bedrijf zijn vastgelegd en de capaciteit der nieuwere installatie's steeds stijgende is. Waar nu het plantareaal veelal binnen zekere grenzen beperkt moet blijven, ligt het voor de hand, dat een grootere riet- en suikerproductie alleen door een zeer intensief bedrijf te verkrijgen zijn. Hoedanig die stijging in den loop der jaren geweest is, komt het duidelijkst aan den dag uit de statistische gegevens, die op de Tentoonstelling te Semarang in 1914 graphisch zijn voorgesteld (H. C. PRINSEN GEERLIGS)[1]. Voor een deel is de stijging der riet- en suikerproductie per bouw in de laatste decenniën te danken geweest aan het toepassen eener rationeele bemesting, die op haar beurt weder door de onderzoekingen en proefnemingen op de Proefstations en op de ondernemingen mogelijk en uitvoerbaar is geworden. Verder zijn nieuwe gezichtspunten geopend en hebben zich nieuwe vragen voorgedaan, toen de grootere uit-

---

[1]) De rietopbrengst per bouw bedroeg in { 1850 . . . 360 pikol. / 1880 . . . 603 „ / 1910 . . . 1126 „ }

breiding van het plantareaal noodzaakte riet en andere cultuurgewassen te kweeken op gronden onder omstandigheden, die, ook op bemestingsgebied, tot dusverre nog weinig of niet onderzocht waren.

Bij de tabakscultuur bleef het vraagstuk evenzoo de volle aandacht trekken, omdat naast eischen van quantitatieven aard, hier bij de bemesting ook rekening moet worden gehouden met het behoud of de verbetering van de qualiteit of met andere markteigenschappen van het product. De oplossing wordt daardoor minder eenvoudig en is niet snel te bereiken, al hebben, zoowel op Java als op Sumatra de Proefstations met medewerking der ondernemingen, het vraagstuk thans krachtig ter hand genomen.

In verband met de omstandigheden, waaronder de cultuur der meerjarige gewassen plaats vindt, is het bemestingsvraagstuk in vele gevallen hier minder sterk op den voorgrond getreden; toch zijn er bij thee, kina, klapper, enz. reeds waardevolle gegevens voor den dag gekomen.

Na het aanstellen van een aantal landbouwleeraars zoowel voor Java, als voor de Buitenbezittingen begint men verder gaandeweg een vollediger en beter inzicht te krijgen in den Inlandschen landbouw. Een stelselmatig onderzoek naar de voorwaarden, waaronder de cultuurgewassen aldaar groeien, heeft van zelf de aandacht op het bemestingsvraagstuk gevestigd. Voor de bemesting van het hoofdgewas op Java, de sawah-rijst, is de studie van den invloed der irrigatie bij het toepassen eener rationeele bemesting onmisbaar. Sedert zijn op Java meerdere onderzoekingen op dit gebied verricht en wordt daardoor de ontbrekende schakel ingelegd tusschen de plantenproductie eenerzijds en het technische gedeelte van de irrigatie. De bemesting zal ook in deze gevallen geheel zelfstandig bestudeerd moeten worden op de plaats zelf, omdat eenigerlei aanknoopingspunt met de bemesting van zoogenaamde „vloeiweiden" in West-Europa en die van geïrrigeerde rijstvelden in de tropen, niet bestaat.

De gestadige toeneming der bevolking en de aanzienlijke uitbreiding van nagenoeg alle groote cultures maken het meer en meer noodzakelijk grootere productie's per vlakte-eenheid te krijgen. Met eenzijdige natuurwetenschappelijke voorlichting alleen komt de Inlander er niet; ook op oeconomisch gebied en op dat der organisatie is meerdere ontwikkeling onmisbaar. Een aanwijzing, dat en hoe er in deze richting

gewerkt wordt leverde de bovengenoemde Semarangsche Tentoonstelling (1914), waar o.a. het toenemen van den coöperatieven aankoop van meststoffen door den Inlander voor zijn landbouw graphisch voorgesteld was. In vroegere jaren kwam het ook reeds voor, dat de Inlander geïmporteerde meststoffen, zwavelzure ammoniak of guano's gebruikte, maar deze waren dan dikwijls op clandestiene wijze onttrokken aan hetgeen voor Europeesche cultures bestemd was.

De tegenwoordige tijdsomstandigheden hebben meer dan vroeger de vraag naar voren gebracht, in hoeverre de fabrieksnijverheid in Nederlandsch-Indië zelf in staat is te voorzien in de behoefte aan meststoffen. Een onlangs verschenen publicatie van het Departement van Landbouw, Afdeeling Nijverheid en Handel, te Buitenzorg (Java) geeft hier ten deele een antwoord op.

Aan genoemd verslag ontleenen wij hier in het kort het een en ander.

Aangaande *zwavelzure ammoniak* komt het volgende voor: Door de gasfabriek te Semarang wordt uit het bijproduct ammoniakwater en het mineraal mariaglas in geringe hoeveelheden zwavelzure ammoniak bereid. De totale productie bedraagt 1000 pikol per jaar. Hoe klein die productie is in vergelijking met de behoefte aan deze kunstmest, kan blijken uit het feit, dat in 1915 voor een waarde van ongeveer *f* 17.000.000 aan zwavelzure ammoniak hier te lande (Ned. O.-Indië) werd geïmporteerd.

Boengkil. Onder „fabrieken voor de bereiding van vette oliën", wordt van de *boengkil* het volgende medegedeeld: De perskoek bij de klapperoliebereiding verkregen, de klapperboengkil, die vroeger als meststof een afzetgebied vond, wordt voor dit doel al minder en minder gebruikt, maar heeft sedert een nieuw afzetgebied gevonden als veevoeder, zoowel hier te lande, als in het buitenland. Het allergrootste gedeelte wordt evenwel geëxporteerd. De boengkils van de katjang, djarak, widjen, enz. worden niet geëxporteerd, maar vinden een afzetgebied hier te lande.

Onder *Kunstmeststoffen* het volgende:

Fabrieken, waar kunstmeststoffen worden gefabriceerd, worden, met uitzondering van een enkele fabriek te Semarang, hier te lande niet aangetroffen. De Semarangsche fabriek fabriceert zwavelzure ammoniak, evenwel in geringe hoeveelheid (zie hiervoor).

Een tweetal fabrieken hier te lande, die met den naam meststof-

fabriek worden aangeduid, beperken zich tot fijnmalen en mengen van verschillende organische en anorganische meststoffen. Ook beenderenmeel wordt hier te lande in een tweetal fabrieken, waarvan er einde 1915, in verband met afzetmoeielijkheden, nog maar een enkele werkte, gefabriceerd, in hoofdzaak evenwel voor exportdoeleinden. Het beenderenmeel bestaat evenwel niet, zooals in Europa, uit geëxtraheerde, gepulveriseerde beenderen, maar alleen uit fijngebroken beenderen.

Kaliumverbindingen. Onder het hoofd *Arakstokerijen en Spiritusfabrieken* wordt van een der spiritusfabrieken vermeld, dat er als bijproducten *potasch, kaliumsulfaat* en *kaliumchloride* gewonnen worden.

Volledigheidshalve zij nog vermeld dat bij *Zwavelzuurfabrieken* is aangegeven, dat zich in Oost-Java een zwavelzuurfabriek bevindt, welke uit zwavel en zwavelerts volgens het kamersysteem zwavelzuur fabriceert. Voor zwavelzuur bestaat hier te lande een belangrijk afzetgebied o.a. in de spiritus- en arakfabrieken.

De waarde van den invoer van zwavelzuur bedroeg in 1913 *f* 230,000.

Kalk. Voor zoover kalk bij de bemesting een rol kan spelen, is het niet overbodig er op te wijzen, dat er volgens genoemd verslag op Java zoowel als op de Buitenbezittingen talrijke kalkbranderijen aangetroffen worden; naast kleine primitieve inrichtingen, modern ingerichte kalkovens, volgens het ringoven- en kamersysteem. Als grondstof dient koraalsteen en kalksteen; de producten zijn ongebluschte kalk, gebluschte kalk en fabricatiekalk (voor suikerfabrieken).

Wat *groenbemesting* betreft, vindt men *in onze bezittingen algemeen verbreid* een groot aantal gekweekte gewassen zoowel als in het wild groeiende planten, die voor dit doel bruikbaar zijn en toepassing hebben gevonden.

Uit het bovenstaande volgt, dat de landbouw in onze bezittingen, wat de bemesting betreft, nog grootendeels van het buitenland afhankelijk is.

Onder de geïmporteerde meststoffen, nemen de *stikstofhoudende* de voornaamste plaats in en onder deze bestaat verreweg het grootste deel uit zwavelzure ammoniak, hetzij als zoodanig, hetzij als bestanddeel van „guano's" en verder uit Chilisalpeter. Door de bijzondere

tijdsomstandigheden is overigens in den jongsten tijd een geheel andere verhouding van de geïmporteerde hoeveelheden dezer twee meststoffen waar te nemen. De Europeesche nijverheid levert verder kalksalpeter, kalkstikstof en stikstofkalk, langs electrischen weg gewonnen. Bij uitzondering, o.a. voor proefnemingen, gebruikt men nog kleine hoeveelheden ammonium- en ureum-nitraat en kaliumnitraat evenzoo uit Europa aangevoerd. Bemesting met ammonium-chloried, schijnt in Indië nog niet plaats gevonden te hebben. Boengkil-soorten, vonden vroeger een veel grooter toepassing als meststof, dan tegenwoordig; zij kwamen destijds voornamelijk uit Oost-Azië.

Phosphorzuurhoudende meststoffen gebruikt men, vergeleken bij stikstof, slechts in geringe hoeveelheid; toch levert het land zelf niet genoeg om in de behoefte te voorzien, maar moet het meeste uit Europa geïmporteerd worden. Men geeft de voorkeur aan hooggradige, in water oplosbare phosphaten (dubbelsuperphosphaat, enz.), echter neemt ook de import van Thomasphosphaat in den laatsten tijd geregeld toe. Sedert eenige jaren zijn uitvoerige proeven in gang, aangaande de werking van ruwe phosphaten, als Oceaan-phosphaat, Perlis-phosphaat, e.a., die het voordeel bieden uit Azië (o.a. Malakka) afkomstig te zijn.

De geringste behoefte bestaat aan *kaliumhoudende meststoffen*, in verband met de afkomst en de samenstelling van den grond, dien men voor landbouwdoeleinden gebruikt. Wat tot dusverre nog geïmporteerd wordt, hetzij als zoodanig, hetzij gemengd met andere bestanddeelen, (o. a. als „guano"), is grootendeels afkomstig van de Stassfurter mijnen.

Het invoeren van zaden van *groenbemestings planten* uit andere tropische en subtropische streken heeft op groote schaal plaats gevonden en vele dezer planten zijn sedert met goed gevolg op Java en Sumatra voor deze bemesting in gebruik genomen, nadat zij uitvoerig op hun bruikbaarheid voor de nieuwe omgeving onderzocht en beproefd zijn.

Oerboschgrond en bemesting.

Oerboschgrond met schadelijke bestanddeelen.

Een van de voorwaarden, waaraan voldaan moet zijn om een cultuur te doen slagen, is de aanwezigheid van een voldoende hoeveelheid zoodanige bestanddeelen in den grond, als noodig om het gewas den meest waardevollen oogst op te doen leveren. Wanneer een of meer onmisbare bestanddeelen niet in de meest gewenschte hoeveelheid, eventueel vorm, voorhanden zijn, moet men die hoeveelheid door kunstmiddelen op het juiste peil zien te brengen. In streken, waar sedert jaren landbouwgewassen gekweekt worden, vindt men als regel, dat er een tekort aan een of meer voedingsstoffen voorkomt; door toevoeging van het ontbrekende, of zooals de term luidt, door bemesting, kan men dan in het tekort voorzien en tot het welslagen van den oogst bijdragen.

In streken met oerbosch, waar de landbouw derhalve nieuw ingevoerd moet worden en men te doen krijgt met pas ontgonnen maagdelijk terrein, is de grond gewoonlijk zoo rijk aan plantenvoedende stoffen, dat bemesting voor de cultuurgewassen voorloopig overbodig is. Dergelijke oerboschgrond neemt alleen daarom een bijzondere bevoorrechte plaats in. Inlandsche zoowel als Europeesche planters hebben er in het algemeen een groote voorliefde voor. Zij houden oerboschgrond veelal voor zeer humusrijk en omdat bij velen de humus geldt als drager van de vruchtbaarheid, verwachten zij geruimen tijd achter elkaar hooge opbrengsten zonder eenige bemesting. Toch is de aanwezigheid van een groote hoeveelheid opneembaar plantenvoedsel, al dan niet gepaard met humusrijkdom, alleen niet voldoende om van een goede opbrengst verzekerd te zijn. Afgezien van een minder gunstig klimaat, of van een ongewenschte ligging, kan de gelijktijdige aanwezigheid van sommige stoffen in hooge mate

storend werken op den groei van het gewas en op de eigenschappen van het oogstproduct. Zeer schadelijk kunnen de in het zeewater aanwezige zouten zijn, zoo als men op overigens zeer bruikbaren oerboschgrond op Sumatra's Oostkust in het lage gebied bij de zee met tabak ondervonden heeft. Op dergelijk terrein heeft men de cultuur van tabak zelfs moeten staken, zooals blijken kan uit de veelzeggende aanwijzing „verlaten contract" op oudere kaarten van dit gewest. Bij de cultuur van het suikerriet deed men een dergelijke onaangename ervaring op in tuinen, die dicht bij de zee op Java's



Photo W. van Deventer.

Fig. 14. Riet op zilte plek.

Noordkust aangelegd waren. De nadeelige invloed van de zilte omgeving openbaarde zich hier in de geringe afmeting of den serehachtigen habitus van de plant; zie fig. 14. Amerikaansche onderzoekers constateerden bij wilde rijst (Zizania aquatica) een dergelijk nadeel en bepaalden den uitersten grens van het zoutgehalte, waarbinnen deze plant nog groeien kan.

Soms wordt de minderwaardigheid van humusrijken grond veroorzaakt door de aanwezigheid van stoffen van vulcanische afkomst,

die storend op den groei van het cultuurgewas inwerken. In een bibittuin in de nabijheid van den Tankoeban Prahoe bij Lembang (Java) op ruim 1500 M. hoogte wilde suikerriet niet groeien en toch was er 12,8 % humus in den grond. Toen ook eene bemesting met zwavelzure ammoniak, boengkil en stalmest niet baatte, is de grond onderzocht. De grond bleek buitengewoon rijk te zijn aan aluinaarde en hieraan werd de onvruchtbaarheid of liever de onbruikbaarheid van dezen humusrijken grond toegeschreven. Ook elders, ver van de zee verwijderd, maar in regenarme streken, kan grond, die overigens zeer vruchtbaar kan zijn, door grooten zoutrijkdom voor de cultuur van landbouwgewassen ongeschikt zijn (alcali soils). Door het wegspoelen van de zouten, al dan niet voorafgegaan door eene omzetting, verkrijgt men in vele gevallen een voor den landbouw zeer bruikbaren en zeer vruchtbaren grond. Alcali soils zijn door den grooten regenval in onze Oost-Indische bezittingen niet te vinden. Er tegenover staat, dat men op sommige West-Indische eilanden, een enkele maal gebruik maakt van een besproeiing met zeewater om zoodoende de in den bodem aanwezige plantenvoedende stoffen, in een voor het gewas (suikerriet) beter assimileerbaren vorm over te brengen (Prinsen Geerligs).

Vermelding verdienen verder de zeer humusrijke veengronden, (paja; råwå) in het lage alluviale gebied van Java en Sumatra. Na verwijdering van het oorspronkelijke bosch is het terrein na krachtige ontwatering als bouwgrond te gebruiken. Bij beplanting met tabak levert zulke grond het gevaar op, dat in vele gevallen een minderwaardig product verkregen wordt. Ook nam de Bussy waar, dat deze plant bij overstrooming met paja-water een soort pokziekte vertoonde. Eene dergelijke ziekte komt elders voor bij voedingsstoornissen, zoodat het wijst op een abnormale vruchtbaarheid van deze grondsoort, althans van het er in aanwezige water. Trouwens ook op het gebied van waterverzorging gedraagt deze veengrond zich niet gewoon, maar levert een voorbeeld op van een physiologisch-drogen grond, zooals Schimper zich dien voorstelde en waarom kleine, herhaalde regenbuien aldaar voor tabak noodig zijn. In bovengenoemde gevallen is derhalve de aanwezigheid van *vele* opgeloste, al dan niet op zich zelf schadelijke bestanddeelen, of wel de eigenaardige vorm en de groote hoeveelheid der humus-bestanddeelen in verband met de lage ligging, de oorzaak, dat zulke grond voor tabak en andere cultuurgewassen minderwaardig is.

Oerboschgrond, arm aan humus.

Een andere categorie van *oerboschgronden* is, in strijd met de gangbare meening, *zeer arm aan humus* en ook de vruchtbaarheid beantwoordt dan niet aan de gestelde verwachting. Bij een stelselmatig onderzoek zal het ongetwijfeld blijken, dat dit type vrij algemeen verbreid in tropische streken voorkomt. Voor Java zijn er niet vele gevallen meer te onderzoeken, omdat oerboschgrond, die er nog voor den landbouw ontgonnen kan worden, slechts in zeer beperkte schaal aanwezig is. Op Sumatra's Oostkust komt dit geval veel voor, zooals uit enkele voorbeelden uit eigen ervaring verkregen, volgen kan. Op de onderneming Batang Serangan in Langkat kwam langs de rivier van dien naam, destijds veel zwaar oerbosch voor. Niettegenstaande een sedert jaren ongestoorde productie van plantenmateriaal, blad, enz. een sterke humus-ophooping zou doen verwachten, is de grond er zeer arm aan organische stof. In de bovenlaag van 3 d.M. dikte was niet meer dan 1,7 % humus. Vergeleken met oerboschgrond elders is dit opvallend klein:

Oerboschgrond	Batang Serangan	(Langkat)	1,7 %	humus
„	Mariëndaal	(Deli)	9,5 „	„
„	Rimboen	(„)	14,9 „	„
„	Lembang	(Java)	27,4 „	„

Het afwijkende gehalte bij den Batang Serangan-grond is grootendeels uit het volgende te verklaren. Het oerbosch groeit op een lossen, doorlaatbaren grond, die gemakkelijk voor lucht (zuurstof) toegankelijk is. Vocht is steeds in voldoende mate aanwezig, terwijl door de ligging, weinige M. boven de zee, de temperatuur hoog is. De omzetting der organische resten geschiedt onder zulke omstandigheden zoo snel, dat zij gelijken tred houdt met den toevoer van het voortdurend afstervende materiaal. Deze organische resten worden door lagere organismen of langs chemischen weg, ook al bevinden zij zich op grootere diepte, geheel tot het eindproduct kooldioxyde omgezet. De betrekkelijk lage grondwaterstand werkt bovendien mede tot het snel wegzinken van het regenwater, dat, met kooldioxyde beladen, sterk uitloogend op de grondlaag inwerkt. Een uitgeloogde, humusarme grondlaag blijft achter (laterisatie), die in dit geval door onvruchtbaarheid gekarakteriseerd

is vanwege de afkomst van dezen grond. In tegenstelling toch met den grond van Mariëndaal en Rimboen ligt dit terrein op de grens van een gebied met producten van veel oudere geologische formatie met kiezelzuurrijkere en minder basische gesteenten, vergeleken met de jong vulcanische afkomst van den grond der beide laatstgenoemde ondernemingen. Gronden met veel kwarts of kiezelzuurrijke verbindingen komen trouwens in het lage kustgebied van Sumatra's Oostkust en ook Zuidelijker vrij algemeen voor in tegenstelling met wat men in dit opzicht op Java aantreft. Niettegenstaande de bedekking met oerbosch kan het humusgehalte aldaar zeer laag zijn, zooals uit onderstaande cijfers volgt:

Oerboschgrond	Frankfurt Estate (Serdang)	1,4 %	humus
„	Soengei Bĕloetoe (Bedagei)	1,1 „	„

Het ligt voor de hand, dat een kunstmatige vermeerdering van de organische stof door stalmest of door groenbemesting in zulken grond slechts een verbetering van korten duur zal brengen.

Oerboschgrond met een schadelijke overmaat aan plantenvoedende stoffen.

Wanneer men pas ontgonnen humusrijken oerboschgrond voor het eerst voor den landbouw in gebruik neemt, is de bovenlaag van nature meestal zeer rijk aan stikstofhoudende lichamen, die na de grondbewerking gewoonlijk gemakkelijk genitrificeerd worden. Aangezien het uitspoelen der hierdoor gevormde nitraten door den grooten humusrijkdom niet snel gaat en in een droge periode veelal een opstijging met het grondwater te wachten is, blijven zij onder het bereik van de wortels van het cultuurgewas. Is tabak het eerste gewas, dan ontwikkelt de plant zich buitengewoon welig en forsch en wanneer de plantenproductie den doorslag gaf, zou de oogst niets te wenschen overlaten. Na de bewerking hebben de bladeren echter zoodanige eigenschappen en zijn zoo dik, dat het product als dekblad onverkoopbaar is en men van een bedrijfsstandpunt uit, zelfs van een misoogst spreken moet.

Bij de katoencultuur vermijden de Maleiers het om soortgelijke redenen, oerboschgrond (in Palembang) dadelijk na de ontginning met dit gewas te beplanten, omdat de te groote vruchtbaarheid, wel planten levert met forsch en welig ontwikkelde takken en bladeren, maar met zeer weinig vruchten, zoodat een geringe oogst er het gevolg van is.

De gevolgen van een te groote vruchtbaarheid openbaren zich bij de suikerrietcultuur op dezelfde wijze; op te rijken oerboschgrond, zooals in de laatste jaren na de uitbreiding der cultuur bij herhaling in gebruik is gekomen, heeft men vooreerst veel schade van het legeren ondervonden. Elders kreeg men wel een reusachtig groote rietproductie, maar bij de bewerking bleek de sapzuiverheid onvoldoende te zijn en het suikergehalte gering.

Bovenstaande gevallen zijn alle terug te brengen tot de aanwezigheid van een teveel aan plantenvoedende stoffen in den grond, tot een schadelijke overmaat, die het winnen van den meest gewenschten oogst in den weg staat. Een door de praktijk sinds lang toegepast middel hiertegen is om een voorgewas, gewoonlijk rijst, het teveel weg te laten nemen en daarna eerst het andere cultuurgewas te laten volgen. Rijst zelf schijnt er weinig last van te ondervinden, hetgeen ook bevestigd is door de uitkomsten van een onderzoek te Buitenzorg over den invloed van veel stikstof op de korrelproductie. Het percentage



Photo W. van Deventer.

Fig. 15. Gesnoeide jonge aanplant op te vruchtbaren grond.

vooze korrels was wel iets toegenomen, maar zelfs het maximum was voor de praktijk nog niet van veel beteekenis.

Bij suikerriet kan zich een geval van te groote vruchtbaarheid ook voordoen, zonder dat men riet op oerboschgrond groeien laat. Bij een overstrooming van een riettuin met slibrijk banjir-water, verkreeg men evenzoo een reusachtig groote rietproductie, maar de suikeropbrengst liet veel te wenschen over.

Ter voorkoming van de nadeelen, die uit de te groote vruchtbaarheid voortkomen, heeft men wel den jongen aanplant gesnoeid.

Wanneer het echter in zoo geringen graad geschiedt als op nevenstaande afbeelding, (fig. 15), dan heeft het geen effect (VAN DEVENTER). Hij houdt het voor beter dan te trachten den groei te remmen door onthouding van water. Op te vruchtbaren oerboschgrond zoude het m.i. aanbeveling verdienen het kweeken van maalriet te doen voorafgaan door de cultuur van plantriet; men heeft het dan geheel in de hand te snijden vóór het legeren storend optreedt, terwijl bovendien de zuiverheid van het sap, noch het suikergehalte dan al een rol speelt. De lage ligging behoeft evenmin een beletsel te zijn, gedachtig aan de goede resultaten, die vele vlakte-bibittuinen opgeleverd hebben. Mocht een eenmalige beplanting met zulk riet nog niet voldoende gewerkt hebben, dan kan men, zoo noodig in afwisseling met rijst, nogmaals plantriet kweeken.

Het gevaar, dat een planter zelf zich een misoogst op den hals zal halen door een te zware bemesting aan het gewas te geven, mag wel denkbeeldig genoemd worden. Bij de gewassen, waarbij bemesting het meest wordt toegepast, bij suikerriet en tabak, bieden de Proefstations voldoenden waarborg tegen een dergelijke buitensporigheid.

Opmerking.

Het komt voor, dat, afgezien van de stikstof, een lang voortgezette cultuur van hetzelfde gewas op oerboschgrond een tekort aan de andere bestanddeelen veroorzaakt. Bij den Inlandschen landbouw in het bergland van Java, heeft men zoo iets wel geconstateerd ten opzichte van kaliumverbindingen bij een eenzijdige aardappelcultuur. Bij een onafgebroken tabakscultuur, zonder vruchtwisseling en zonder voldoende bemesting is zulks ook voor opneembaar phosphorzuur gevonden. Na herhaalde droge rijstcultuur vertoonen sommige ladangs hetzelfde gebrek, hetgeen zich ten slotte in een zeer geringen oogst afspiegelt. Toch is het onjuist te meenen, dat alleen een bemesting in staat zal zijn de gunstige eigenschappen van den oerboschgrond terug te brengen, zoodat een goede oogst weder verzekerd is. De goede reputatie, die de meeste oerboschgronden genieten, is slechts voor een deel aan de groote vruchtbaarheid te danken, want ook de goede water- en luchtreguleering door de gunstige structuur zijn van veel gewicht. Een groot voordeel is verder, dat na het vellen van het oerbosch, het terrein bijna geheel vrij is van onkruid, dat voor cultuurgewassen nadeelig is.

In het wild groeiende planten (onkruid), die tegen het volle zonlicht bestand zijn, treft men er nog niet aan, terwijl het oorspronkelijk aanwezige onkruid, dat alleen in de schaduw groeien kan, na het kappen van het bosch door de overvloedige toetreding van het zonlicht, geleidelijk verdwijnt. Verder ontbreken er evenzoo, in grooten getale althans, de insecten en lagere organismen, die voor cultuurgewassen schadelijk zijn. Het is duidelijk, dat een bemesting deze voordeelen niet terug kan geven.

Bemesting op Zandgrond.

De afwijking, die zeer vele Indische zandgronden, vooral van Java, op bijna ieder gebied van het West-Europeesche zand vertoonen, gaat ook bij de bemesting door. Zooals bekend is, geldt in West-Europa zand als het type van een onvruchtbaren grond en alleen door toevoer van groote hoeveelheden kalium-zouten, phosphaten, kalk- en stikstofverbindingen en met hulp van veel organische stof is zulke grond, in bouw- of weiland te veranderen. Het kwarts (kiezelzuur), waaruit het zand grootendeels bestaat, is een materiaal, dat ten opzichte van het plantenleven en van de cultuur bijna uitsluitend negatieve en inactieve eigenschappen bezit. 't Is noch plantenvoedsel, noch in staat plantenvoedsel door adsorptie vast te houden en voor wegspoelen te vrijwaren; het vermag evenmin vocht te adsorbeeren. Het ontginnen van zandgrond (Europa) komt derhalve in hoofdzaak hierop neer, dat men den bodem door bemesting van humus of organische stof en van plantenvoedende stoffen voorziet. De afkomst en de samenstelling van veel Indisch zand maken, dat de zandgrond er geheel andere eigenschappen bezit en dat de landbouw op zulken grond met geheel andere factoren rekening heeft te houden. Behalve de afmeting, zijn bijna alle andere eigenschappen der afzonderlijke zanddeeltjes geheel anders. Een indeeling van den bouwgrond, die gebaseerd is op een mechanisch onderzoek naar de hoeveelheid zand-, stof- en slibdeeltjes kan nimmer tot algemeen geldende conclusie's leiden, omdat de waarde en de bruikbaarheid van den grond voor den landbouw meer van andere eigenschappen der gronddeeltjes zullen afhangen. Bovendien maakt de gemakkelijke verweerbaarheid van veel Indisch zand, dat de grootere deeltjes in kleinere uiteenvallen — soms in korten tijd — zoodat de uitkomsten van een mechanisch grondonderzoek weinig standvastige gegevens vormen. Noch qualitatief, noch quantitatief biedt de methode onderling vergelijkbare uitkomsten bij

een vergelijkend onderzoek van gronden van verschillende afkomst en in verschillende streken. In verband met de afkomst van het meeste Indische zand, bevat het veel kalium, calcium, magnesium, phosphorzuur, enz., afhankelijk van de aanwezige mineralen. In het algemeen zijn de genoemde bestanddeelen reeds na een korten tijd zoover verweerd, dat zij voor de plant opneembaar zijn. Ook verkrijgen de meeste dezer zandkorrels door die verweering spoedig een groot adsorptie-vermogen. Vele Java-zandgronden van vulcanische afkomst zijn bekend door hun groote vruchtbaarheid en bruikbaarheid voor den landbouw In het bijzonder geldt dit voor de zandgronden in Kediri, die afkomstig zijn van den Këloet, maar hetzelfde gaat ook door voor soortgelijke gronden in Midden-Java (Djokjakarta). Opvallend hoog is voor zulk zand dikwijls het phosphorzuurgehalte. Voorbeelden:

Ondern. Demak Idjo. .	Zandgrond met een weinig grint, als alle lichte gronden in deze streek rijk aan phosphaten, zij het ook voor een groot gedeelte niet direct opneembaar.
Ondern. Kedaton Pleret.	Zand- en grintgrond met een buitengewoon hoog gehalte aan gemakkelijk opneembaar phosphorzuur, doch niet veel kali.
Ondern. Bantool.	Gemengde zandgrond met vrij veel phosphorzuur, kali, kalk, enz.

Buiten Java is echter ook zand te vinden, dat hoofdzakelijk uit kwarts bestaat of uit mineralen, die slechts langzaam een voldoende hoeveelheid opneembare voedingsstoffen voor de cultuurgewassen ter beschikking stellen. Op Sumatra, Banka, Billiton, enz. vindt men dergelijke zandgronden. Zij doen meer aan West-Europeesch zand denken en vereischen soortgelijke hulpmiddelen (bemesting, enz.) om ze voor den landbouw bruikbaar te maken. In deze gevallen is een agrogeologisch onderzoek van veel nut, terwijl ook de oorspronkelijke vegetatie dan veelal eenige aanwijzing geven kan omtrent afkomst en samenstelling dezer gronden.

In het laag gelegen kustgebied van Suriname treft men uitgestrekte vlakten aan, waar de grond hoofdzakelijk uit glinsterende, groote, onregelmatige kwartskorrels bestaat (Santa Lucia Savannah); voor den landbouw is deze grond te eenenmale onbruikbaar.

Algemeene beschouwingen over bemesting.

MIDDELEN TER BEOORDEELING DER NOODZAKELIJKHEID VAN EEN BEMESTING.

Voor den tropischen landbouw is het betrekkelijk laat bekend geworden, hoe men op een rationeele wijze een bemesting moet toepassen. De kennis van den bodem en van de cultuurgewassen was aanvankelijk gering, zoodat alleen ervaring en ondervinding, benevens een enkel zonder veel voorzorgen genomen experiment, zoowat het eenige beschikbare was om over een bemesting te beslissen. In den eersten tijd heeft men uit gebrek aan gegevens, die in de tropen zelf verkregen waren, zijn toevlucht genomen tot uitkomsten, die elders, vooral in Europa, bij de studie van dit vraagstuk voor den dag waren gekomen. Zij hadden natuurlijk betrekking op de bemesting van andere cultuurgewassen dan die in Indië gekweekt worden en deze waren bovendien nog onder geheel andere omstandigheden van grond en klimaat gegroeid. Nadat men met de studie op Java en Sumatra zelf begonnen was, bleek een zelfstandige behandeling onmisbaar te zijn en kwam hoe langer zoo meer de noodzakelijkheid naar voren niet langer de West-Europeesche bemestingsleer als richtsnoer te nemen, doch van den aanvang af een eigen weg te zoeken. De wijze, waarop het bemestingsvraagstuk, als onderdeel van het landbouwonderzoek in het algemeen, is aangepakt, heeft een eigenaardige ontwikkeling achter den rug, in overeenstemming met de wijze, waarop de landbouw in O.-Indië gedreven wordt. Het bedrijf bepaalt zich gewoonlijk tot de cultuur van één gewas, suikerriet, tabak, thee, rubber, ook rijst als eerste gewas; dezelfde specialiseering vindt men terug bij de proefstations; ook deze instituten hielden zich aanvankelijk als regel slechts bezig met de studie van één gewas. Om verder zooveel mogelijk alle omstandigheden te leeren kennen, waaronder het gewas groeien moet, zijn de proefstations gelegen in de streek, waar de cultuur plaats vindt. Echter bleek het, dat die omstandigheden naar gelang van de ligging der

verschillende cultuurcentra, ook bij een en hetzelfde gewas, zoo zeer van elkaar af kunnen wijken, dat een nog verder doorgevoerde specialiseering onvermijdelijk was. Men vindt derhalve meerdere stations voor het onderzoek van suikerriet op Java; een drietal proefstations, waarvan één op Deli en twee op Java, voor tabak, enz. Waar nu één zelfde cultuurgewas in een betrekkelijk klein gebied Java en Sumatra reeds een gespecialiseerde studie verlangt vanwege de groote afwijkingen en verschillen onderling, is het *a priori* te verwachten, dat hetgeen geldig is voor geheel andere gewassen in een ander (gematigd) klimaat, slechts voor een klein deel als grondslag zal kunnen dienen voor den landbouw in de tropen. Sedert is men er dan ook toe overgegaan van de bemesting een zelfstandige studie te maken en niet langer de regels, die voor den landbouw in de gematigde luchtstreek gelden, als richtsnoer te nemen. Een juister en uitgebreider kennis omtrent afkomst en eigenschappen van den grond is hier voor onontbeerlijk, evenals een nauwkeuriger studie van het cultuurgewas. In deze richting is het onderzoek in de latere jaren op krachtige wijze aangevangen of voortgezet en komen een groot aantal gegevens voor den dag, die de bouwstof voor een tropische bemestingsleer opleveren. Afgezien van grond en gewas, is ook het klimaat een factor, die in hooge mate op het bemestingsvraagstuk invloed uitoefent. Zoo kan men door het ontbreken van een winterjaargetijde met zijn latent plantenleven, in de tropen geen vóórbemesting toepassen met de bedoeling de meststof in gunstiger conditie te brengen voor het later volgend gewas. Want in de meeste gevallen zal in de tropen een voorbemesting slechts een weligen onkruidgroei ten gevolge hebben. Ook loopt men de kans, dat aanwezige of gevormde oplosbare verbindingen bijv. nitraten, buiten bereik van de plantenwortels geraken, terwijl in een ijzerrijken grond het phosphorzuur gedurende dat tijdsverloop moeilijk opneembaar kan worden. Het wegspoelen van schadelijke bijmengsels, een voordeel van de voorbemesting, loopt men er echter door mis en is men, bij de directe bemesting, er op aangewezen van zuivere bemestingszouten gebruik te maken. Een directe bemesting kort vóór of tijdens den eersten groei is bij éénjarige planten regel, terwijl de bemesting bij overjarige gewassen zich in hoofdzaak naar het jaargetijde te richten heeft.

Behalve onderzoekingen omtrent het verplaatsen van bestanddeelen uit den mest door wegspoelen naar de diepte, vraagt ook de

beweging van het grondwater naar het oppervlak de volle aandacht. Vooral tijdens een langdurige regenlooze periode, zooals die in Oost-Java voorkomen kan, wordt zulk een onderzoek urgent in verband met de groote hoeveelheid meststoffen, naast weinig water, die aan het suikerriet ter beschikking staan. Bij sommige gewassen — bij tabak is dit geconstateerd — kan een zware, rechtstreeksche bemesting bij het planten, het gevaar opleveren, dat bij onvoldoenden watertoevoer de wortels in een veel te geconcentreerde omgeving geraken. Onder de nadeelen, die hieruit voortvloeien, rekent men o.a. dat er een physiologisch droge standplaats geschapen wordt, terwijl ook eventueele schadelijke bijmengsels de jonge plant in haar eersten groei kunnen storen. Groeistoornis bij de wortels van rietstekken is waargenomen bij toevoeging van zeer veel zwavelzure ammoniak.

Bij den aankoop van meststoffen verdient het aanbeveling hooggradige of geconcentreerde verbindingen te vragen, omdat in dien vorm de stikstof-, phosphorzuur- en kaliumhoudende stoffen het gemakkelijkst zuiver te verkrijgen zijn en het minst gemengd zijn met schadelijke of onnutte bijmengsels maar ook uit een commercieel oogpunt vanwege de kostenbesparing voor vracht en emballage. In verband met de veelal geldende verkoopsvoorwaarden, is het verder gewenscht vóór de inlading zekerheid te hebben, dat de samenstelling overeenkomt met wat verlangd is, want blijkt na aankomst, dat dit niet het geval is, dan is het meestal te laat om op tijd over een andere partij van de gewenschte samenstelling te kunnen beschikken. Onderzoekingen omtrent eventueele veranderingen, die dergelijke enkelvoudige en gemengde meststoffen tijdens de reis en het bewaren in de tropen ondergaan, zijn nog slechts op bescheiden schaal verricht, o.a. is nagegaan het verlies door wateraantrekking en uitsijpeling van salpeteroplossing bij het transport van Chilisalpeter (Milo). Het is nog grootendeels onbekend in welke mate in water oplosbare phosphorzuur-verbindingen, alleen, of in mengsels met andere stoffen, daarbij achteruit gaan.

In verband met de afkomst en de samenstelling van den bodem van Java en Sumatra heeft men zich bij pas ontgonnen grond over de bemesting aanvankelijk niet veel zorg te maken; en later nadat het land geruimen tijd in cultuur is geweest, is het op Java althans, gewoonlijk alleen maar de stikstof, die een aanvulling behoeft. Dit levert een karakteristiek verschil op met hetgeen voor de ontginning

vooral van kwartsrijke gronden in W. Europa noodig is. Om die voor den landbouw geschikt te maken, moest men (zie hiervoor) beginnen met alle plantenvoedende stoffen, de humus incluis, er te voren in te brengen en ook verder onafgebroken met volledige bemesting blijven doorgaan. Bij de suikerrietcultuur op Java hebben de praktijk en de onderzoekingen der Proefstations uitgewezen, dat voor de voortzetting van de rietcultuur alleen stikstoftoevoer noodig is; een gebrek aan phosphorus is nog slechts in weinige bepaalde gevallen voorgekomen terwijl toevoer van kaliumverbindingen er nog zoo goed als uitgesloten is. Voor deze cultuur zijn derhalve, bijna alleen enkelvoudige en wel stikstofhoudende meststoffen noodig. (De bevloeiing van den grond in den tijd, dat er rijst op groeit, heeft hierop ook invloed).

Voor de rijstcultuur is het onderzoek aangaande de bemesting nog in een aanvangsstadium en wordt de studie meer gecompliceerd door de bevloeiing, die voor de sawah onmisbaar is. Met het opsporen van algemeen geldende regels, die het verband tusschen grond, water en slib eenerzijds en de rijstplant anderzijds aangeven, is men sedert eenige jaren te Buitenzorg bezig. Proefnemingen aldaar en elders op Java hebben bewezen, dat toevoeging van stikstof en phosphorzuur, afzonderlijk of te zamen in sommige gevallen tot een oogstvermeerdering kan bijdragen.

Bij de tabakscultuur op Deli heeft men het aanvankelijk geheel zonder eenige bemesting kunnen stellen. Daarna kwam een periode dat men er in groote hoeveelheid mestmengsels of „guano's" uit stikstof-, phosphorzuur- en kaliumverbindingen samengesteld, gebruikte, zonder eenige zekerheid te hebben welke bestanddeelen eigenlijk noodig waren. Zoodra er gelegenheid bestond onderzoekingen aangaande de cultuur van Deli-tabak in te stellen, is ook het bemestingsvraagstuk aan de orde gesteld en zijn de eerste proeven genomen met alléén stikstof of alléén phosphorzuur ter vervanging van de vroegere mestmengsels met verschillende bestanddeelen. Ook is toen rekening gehouden met de voorgeschiedenis van den grond, met locale omstandigheden en met het speciale doel, waarvoor in ieder geval bemesting noodig zou blijken te zijn. Een afdoende oplossing van het bemestingsvraagstuk was eerst te verwachten van een blijvend Proefstation op Deli zelf, zooals blijken kan uit het werk van het tegenwoordige station aldaar en voor de Java-tabak uit dit der Java tabaksinstituten.

Waar in vroegere jaren mestmengsels met zeer fantastische samenstelling en onder niet minder fantastische namen in tropische streken op een ruim debiet konden rekenen, behoort dit, dank zij het werk der genoemde proefstations, thans zoo goed als geheel tot het verleden.

Bij de beantwoording der vraag of eene bemesting noodig is en waarin zij eventueel bestaan moet, was men vroeger, bij gebrek aan gegevens, die op onderzoek steunen, bijna uitsluitend aangewezen op den empirischen weg. Deze weg is lang en bleek dikwijls een dwaalweg. Naar gelang de kennis van den bouwgrond en die van de cultuurgewassen zijn toegenomen, heeft de empirie voor een groot deel plaats moeten maken voor een stelselmatig onderzoek. Aanvankelijk droeg dit onderzoek nog een eenzijdig en onvolledig karakter en stelde men, zonder zich om het cultuurgewas zelf te bekommeren, een bemesting vast met geen andere gegevens, dan hoeveel stikstof, enz. door een chemische analyse in een grondmonster gevonden was. Veelal uit onbekendheid liet men eenvoudig een aantal factoren buiten beschouwing, die grooten invloed op den groei van het gewas en op de toegevoegde meststof uitoefenen. Dit scheikundig onderzoek is steeds verder uitgebreid, want men ging experimenteeren met extractiemiddelen van verschillenden aard en concentratie, in de hoop er een te vinden die evenveel stikstof, phosphorzuur, enz. uit den grond zou halen, als het cultuurgewas op het veld. Een extractie met koolzuurhoudend water, waarvan men elders aanvankelijk groote verwachtingen koesterde (methode Mitscherlich) leverde bij toepassing op Java — suikerrietgronden — slechts een twijfelachtig resultaat op (Marr).

De groote eenzijdigheid dezer chemische methode heeft gemaakt, dat men haar meer en meer verlaten heeft. De meerdere kennis, die men intusschen van het cultuurgewas verkregen had, heeft het onderzoek in een richting geleid, waarin men ook met de plant zelf rekening kon houden.

Het antwoord op een bemestingsvraag hing toen niet meer alleen af van een scheikundig onderzoek met reagentia, die als regel nooit in den bouwgrond voorkomen, van omstandigheden buiten de plant om, maar het gewas zèlf moest door zijn groei en meer nog door het geoogste product een antwoord verschaffen.

Door middel van proefvelden en door de zoogenaamde potproeven van Wagner, waarbij het onderzoek op kleinere schaal geschiedt, is

in vele gevallen een bruikbare aanwijzing verkregen, zoodat de „landbouwkundige" methode de „chemische" methode meer en meer vervangen heeft. Op Java is vanwege de suikerproefstations het eerst gewezen op de geringe waarde die de „chemische" methode voor den tropischen landbouw heeft, want „eenig verband tusschen de uitkomst daarvan (een chemisch onderzoek naar het gehalte aan stikstof, phosphorus en kali in den grond) en het verkregen gewas konden zij (wij) tot nog toe niet vinden" (Kramers).

Een onderzoek van eenige op Deli bij de tabakscultuur gebruikte gronden en van de erop gegroeide tabak, leidde tot dezelfde conclusie. Wel is later de „chemische methode" toch korten tijd weer in gebruik genomen en meende men er bemestingsrecepten op te kunnen baseeren, maar in het algemeen telt zij thans nog slechts weinige aanhangers.

Bij de uitvoering van potproeven volgens Wagner in Indië bleek het aanbrengen van wijzigingen noodig in verband met de groote afmetingen van vele eenjarige tropische cultuurgewassen, voordat zij rijp zijn en geoogst kunnen worden. Bij suikerriet zijn toen in plaats van de metalen cylinders (Wagner) groote, met grond gevulde krandjangs, of vaste gemetselde en waterdichte, vierkante bakken gebruikt; in deze gevallen liet de contrôle over de waterverzorging echter te wenschen over.

Latere proefnemingen met suikerriet op Java en met tabak op Deli (Diem) deden aan den dag komen, dat de planten door de geringe standruimte abnormale eigenschappen verkrijgen, waardoor de uitkomsten van de proef aan betrouwbaarheid verliezen. Bovendien is een schaduwzijde van de methode, dat de proef niet eerder geeindigd kan worden, voor het gewas rijp is en men dus geruimen tijd wachten moet voor men het resultaat, het oogstgewicht, te weten komt. In gevallen waarin het noodig is, spoedig, over een voorloopige aanwijzing omtrent een eventueele bemesting te beschikken, laat deze methode derhalve in den steek.

Een Amerikaansche werkwijze (Milton Whitney; The Wire basket method) vereenigt de voordeelen van de „chemische" methode en die van de potcultuur volgens Wagner, in zich; 1⁰. den korten duur en 2⁰. de plant zelf als aanwijzer voor een bemesting. Hij experimenteert met ook van boven bijna geheel gesloten geparaffineerde draadgazen mandjes, waarin vooraf gekiemde zaden uitgelegd worden. De proef

behoeft slechts kort te duren, hoogstens drie weken, omdat dan reeds zeer sprekende verschillen voor den dag komen. De hoeveelheid vocht, die gedurende die periode door transpiratie verdampt is, vormt met het eindgewicht der plantjes een stel gegevens, die een aanwijzing geven kunnen omtrent een bemesting.

Op bijgaande afbeelding (Fig. 16) vindt men eenige van dergelijke mandjes, waarin rijstplantjes zijn gegroeid onder den invloed van verschillende bemesting in ijzerrijken laterietgrond uit Deli. (De proef is te Wageningen genomen). Na drie weken waren de uitkomsten met phosphorzuurbemesting voor deze rijst:

Onbemest	100
Bemest met superfosfaat	141
„ „ Thomasfosfaat . . .	163

Deze getallen zijn een duidelijke aanwijzing, dat voor de cultuur



Fig. 16. Geparaffineerde mandjes met rijst.

van rijst (ladangbouw) op dezen grond proefnemingen met een phosphorzuurbemesting zijn aan te raden.

De geringe afmeting der mandjes werkt niet storend op de uitkomst, want de plantjes zijn nog te klein, om in den korten tijd, dat de proef duurt van plaatsgebrek last te ondervinden; rijstplantjes, die onder dezelfde omstandigheden in den vollen grond groeiden, hebben dan nog ongeveer dezelfde afmeting. Principieel wijkt deze methode te eenenmale van de potproef van Wagner af, omdat daar het oogstgewicht den doorslag geven moet. Wanneer een bemestingsproef uitgewezen heeft, aan *welk* bestanddeel (stikstof, enz.) behoefte bestaat, kan een nader scheikundig onderzoek van den grond licht verschaffen in *welken vorm* het ontbrekende is toe te voegen. Het loopt dan over

die bodembestanddeelen, die door hun gedrag tegenover den toegevoegden mest de werking ervan op het gewas in gunstigen of ongunstigen zin wijzigen kunnen. Aan zulk een scheikundig (en ook mineralogisch) onderzoek is groote waarde toe te kennen, zooals uit enkele voorbeelden blijken kan. Stel men vindt koolzure kalk, dan kunnen zulke gronden vooral in een drogen tijd, na een bemesting met zwavelzure ammoniak blootstaan aan ammoniakverlies door vervluchtiging en moet men deze meststof niet gebruiken.

Ook bij ijzer doet zich iets dergelijks voor. Vergeleken met W.-Europeesche gronden is het ijzergehalte in den meesten Indischen grond met zijn vele ijzerhoudende mineralen hoog; gehalten tot 50 % als ijzeroxyde zijn niet zeldzaam. Behalve op de physische eigenschappen van den grond, oefent dit bestanddeel grooten invloed uit op meststoffen, met name op het phosphorzuur en ook op de zwavelzure ammoniak.

Onderzoekingen van Van Bemmelen hebben het eerst tal van karakteristieke eigenschappen aan den dag gebracht van de colloïdachtige lichamen. Aangezien een aantal bodembestanddeelen o.a. het ijzeroxyde tot deze groep behooren, is de colloïd-chemie in vele opzichten voor de studie van de bemesting onmisbaar. Dit geldt vooral voor Indische grondsoorten, die in 't algemeen gekarakteriseerd zijn door den grooten rijkdom aan colloïd-achtige bodembestanddeelen — ook vele zandgronden. — De zeer actieve rol dezer lichamen bij bemesting en waterverzorging heeft er aanleiding toe gegeven een indeeling van den bouwgrond te baseeren op de hoeveelheid der voornaamste groepen van actieve bestanddeelen, colloïden als humus, klei, ijzeroxyde, enz. in den grond (Van Bijlert).

Afgezien van de werking der meststof op den groei van de plant oefent zij eveneens invloed uit op de physische eigenschappen van den grond, als capillariteit, cohaesie, doorlaatbaarheid, hygroscopiciteit, kruimelstructuur, enz. De verandering verloopt blijkens een stelselmatig onderzoek van Hawaii-grond in verschillende richting afhankelijk van de grondsoort (zand, klei, enz.) en van de toegevoegde meststof, zwavelzure ammoniak, natriumnitraat, superfosfaat, kalk e. a. (W. McGeorge). Het zijn weder de in den grond aanwezige colloïden, die hiervan in hoofdzaak de oorzaak zijn.

Ook tusschen bemesting en bacteriewerking bestaat een innig verband. Echter wordt de bacteriologie nog niet algemeen bij het

grond-onderzoek toegepast, ofschoon de invloed van de bacteriën op vele processen, die zich in den bodem en het water afspelen en bij de voeding van de plant en de bemesting sedert lang bekend is. De proefstations op Java en Sumatra hebben wel onderzoekingen in deze richting gedaan, doch deze bewogen zich meerendeels op phytopathologisch gebied. Onderzoekingen als van STOKLASA, LOEW, e. a. hebben er nog niet plaats gehad.

Wanneer men dus bij potproeven volgens WAGNER, vooraf gewasschen en uitgegloeid (d. i. gesteriliseerd) kwartszand gebruikt, is niet alleen de invloed van de bodemcolloïden zoo goed als geëlimineerd, maar kan ook van een normale bacteriewerking geen sprake zijn; de eenzijdigheid dezer methode springt hierdoor nog meer in het oog.

Bij het zoeken naar een werkwijze om tot een voor de praktijk bruikbare bemesting te geraken, heeft meer en meer de landbouwkundige methode ingang gevonden, waarbij het gewas onder bepaalde voorzorgen op proefvelden het antwoord geven moet.

Op Java en Sumatra zijn voor dit doel een groot aantal van dergelijke proefnemingen aangaande de bemesting van suikerriet, tabak, thee en andere gewassen, verricht. Een stelselmatig en uitvoerig onderzoek zoowel in Europa, als in Indië, naar de fouten, die de methode nog aankleven, heeft sedert tot belangrijke wijzigingen geleid. Ter vermijding o. a. van fouten, die uit onvermijdelijke grondverschillen van het terrein voortkomen, heeft men dit laatste in een grooter aantal maar kleinere, vakken verdeeld, dan vroeger gebruikelijk was. Dit levert met andere wijzigingen het voordeel, dat de aard en de grootte der fouten beter aan het licht komt en de waarde der uitkomst beter beoordeeld kan worden.

Bij de methode met zulke vakkenproeven is tevens het aantal contrôle-vakken gemakkelijk uit te breiden, zoodat het o. a. bij proeven met suikerriet geleidelijk opgevoerd is tot 10 à 12. Trouwens bij geen enkel cultuurgewas heeft het experimenteeren met vakkenproeven (ook voor bemesting) zulk een hoogte bereikt als bij het suikerriet op Java (GEERTS). De vroeger reeds aangegeven streng doorgevoerde specialiseering van het landbouwkundig onderzoek in onze koloniën en de intensieve wijze, waarop het er plaats heeft, vindt men slechts bij uitzondering in een ander tropisch land.

Zonder te kort te willen doen aan hetgeen elders in de tropen op dit gebied is bereikt, begint thans de leiding van het onderzoek en van de proefnemingen meer en meer in handen van de landbouwinstituten op Java en Sumatra te komen. Dit heeft er in niet gering mate toe bijgedragen, dat een bemestingsleer voor de tropen, op eigen grondslagen, een zelfstandige plaats in is gaan nemen en deze niet langer voldoenden steun kan vinden in de gegevens, waarop een bemestingsleer voor de gematigde luchtstreek gebaseerd is.

Meststoffen.

I. Van tropische afkomst.

Stalmest, Desa-mest, Compost.

Vergeleken met de voorname plaats, die de stalmest bij den landbouw in de gematigde luchtstreken in het algemeen inneemt, is haar beteekenis bij de cultuur van tropische gewassen van niet veel belang. De voornaamste omstandigheden, die hiervan de oorzaak zijn, zullen hieronder ter sprake komen.

Stalmest in den vorm, zooals dit materiaal in Holland voorkomt, bestaat in Indië zoo goed als niet. Strooisel wordt bijna nooit gebezigd, zoodat de aard van den mest een geheel andere is en de vloeibare uitwerpselen tevens grootendeels verloren gaan. Maar ook de hoeveelheid is betrekkelijk gering, o.a. door het ontbreken van een zuivelindustrie en ten gevolge van de geringe behoefte aan slachtvee.

Een wintertijd, gedurende welken men gedwongen is het vee op te stallen, bestaat niet, zoodat slechts bij hooge uitzondering een eigenlijke „stal" wordt aangetroffen; zij komen alleen voor op sommige groote cultuurondernemingen op Java en Sumatra, die tabak voor de Europeesche markt kweeken, of bij enkele veehouderijen in de nabijheid van groote steden, waar de melk door een dichte Europeesche bevolking een afzetgebied vindt.

Als regel verblijft het vee van den Inlander des nachts in een zoogenaamde kraal in of bij de desa. De hoeveelheid mest, die nog op deze wijze te winnen is, bedraagt niet veel, omdat het vee voornamelijk als ploeg- of trekvee gebruikt wordt en de mest dus onderweg verloren gaat. Verder is in vele streken de bevolking gewoon, het geheele jaar door den veestapel te laten weiden. (In den jongsten tijd wijdt de veeartsenijkundige dienst aan dit onderwerp meer aandacht in verband met de verspreiding van besmettelijke veeziekten, die er uit voortvloeien).

De dierlijke uitwerpselen worden gewoonlijk niet als zoodanig gebruikt, maar eerst gemengd met allerlei keuken-afval, bladveegsel, enz. Dit laatste is eerst nog eenigszins gedroogd en gedeeltelijk verbrand, waarbij tal van schadelijke dieren en organismen verdwijnen. Dit mengsel, waaraan veelal nog houtasch is toegevoegd, levert dan den Indischen stalmest, of liever *compost* of desa-mest.

Zooals boven reeds is aangegeven, vindt men op sommige landbouwondernemingen groote veestallen; later heeft men er zelfs afzonderlijke gemetselde en overdekte bewaarplaatsen opgericht voor den geproduceerden mest.

Bijgaande illustratie geeft een beeld van een dergelijke bewaar-

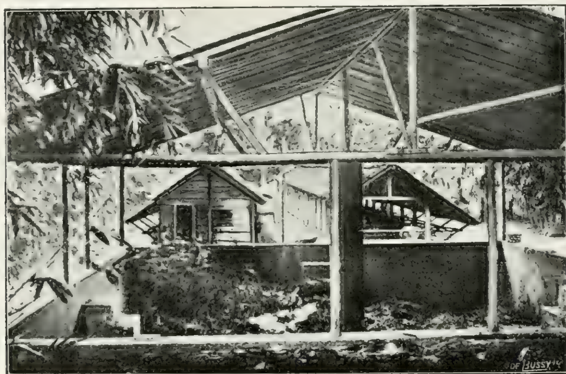


Fig. 17. Mestbewaarplaats op een Java-tabaksonderneming.

plaats, ten dienste van de Java-tabakscultuur. Voor den Inlander zijn dergelijke gecementeerde bakken met een ijzeren opstand voor het dak geheel onbereikbaar; zulk een bewaarplaats zou ongeveer evenveel kosten als alle huizen uit een desa te zamen. De Bie geeft een beschrijving van een eenvoudiger inrichting, die voor dit doel in gebruik is bij den Inlandschen landbouw. Zij bestaat uit tegen elkaar staande pisang-stammen, die door middel van ingedreven bamboepennen onderling verbonden zijn; er ontbreekt een vloer, maar wel is een dak van atap aangebracht tegen den regen. Afval van groot en klein vee, veegsel, dĕdĕk en dergelijk materiaal wordt er in ver-

zameld; deze mest dient gewoonlijk voor de cultuur van tabak, aardappelen, kool (groenten) op hooger gelegen terrein, waar geen bevloeiing plaats kan vinden.

Een korte toelichting verdient ook de paardenstal, zooals deze in Indië vrij algemeen verbreid voorkomt. (Zie Fig. 18). De vloer bevindt zich ruim een Meter of meer boven den beganen grond en bestaat uit los naast elkaar liggende planken, zoodat de vloeibare mest grootendeels verloren gaat. Ter beschutting tegen regen en zon is het geheel van een dak voorzien; de voedermand bevindt zich tegenover den ingang. Door middel van balken of planken, voorzien van inkepingen kan het paard den verhoogden vloer bestijgen, waarna door het inschuiven van een dwarshout de uitgang wordt afgesloten.



No. 18. Model van een paardenstal.

Verder houdt men plaatselijk op Java paarden opgestald in een soort potstal, uitsluitend voor den mest, die voor de tabakscultuur

gebezigd wordt. Door de geringe afslijting vertoonen de hoeven van deze paarden de bekende vergroeiing, die elders ook bij runderen voorkomt (stal- of schuithoeven).

De waarde, die men dikwijls aan stalmest of desa-mest in een tropisch land ziet toekennen, is m.i. in vele gevallen overdreven. Gewoonlijk kan men het tekort aan stikstof en phosphorzuur op voordeeliger wijze aanvullen in een anderen vorm, zoodat de waarde van den stalmest gereduceerd wordt tot het voordeel, dat de toevoer van organische stof met zich kan brengen; omdat echter in de meeste Java-gronden, de anorganische bestanddeelen reeds in hooge mate het vermogen bezitten om vocht en voedingsstoffen vast te houden, is voor dit doel van zelf een extra-toevoeging van organische stof overbodig.

Hoewel nog weinig onderzocht mag de invloed van den stalmest op het bacterie-leven in den bodem zeker niet onderschat worden. Indirect kan hierdoor de mest de opneembaarheid van in den grond aanwezige of toegevoegde bestanddeelen in goeden of slechten zin wijzigen. De grondsoort oefent hierop evenzeer grooten invloed uit. Op sommige lichte Java-zandgronden kan de mest voordeelig zijn; in zwaren kleigrond daarentegen maken de minder gunstige omstandigheden, waarin de compost komen kan, het gebruik ongewenscht.

Bij den rijstbouw op sawah's, d.i. op bevloeid terrein kan men van stalmest de meest tegenstrijdige uitkomsten verwachten, te verklaren uit de verschillen in den tijd, die verloopen is tusschen het onderbrengen van den mest en den aanvang van de bevloeiing. Is die tijdsruimte lang, dan verloopt de omzetting natuurlijk anders door den langdurigen luchttoevoer en is de werking op het gewas ook gunstiger dan wanneer dadelijk na het onderwerken van den stalmest het geheel door een watervlak van de lucht wordt afgesloten.

In tegenstelling met het veelal onverdeeld gunstige oordeel omtrent stalmest in West-Europa, wensch ik te wijzen op enkele zeer geprononceerde gevallen van het tegendeel voor den landbouw in Indië. Een voorbeeld is het mislukken van een aantal velden met tabak op Sumatra's Oostkust. Er was de Europeesche methode toegepast om stalmest en compost te verzamelen en te bewaren, die in vrij groote hoeveelheid eenigen tijd te voren werd uitgestrooid en ondergewerkt. Na beplanting met tabak stierf de geheele aanplant op de met stalmest bemeste velden af, of werd ziek; ernaast, waar de

mest niet was gebezigd, bleef de aanplant gezond. Een nader onderzoek naar de oorzaak van het afsterven kon destijds niet geschieden; waarschijnlijk is de oorzaak te zoeken in de aanwezigheid van ziektekiemen, die door het composteeren van tabaksafval, afkomstig van zieke planten, in den mest geraakt waren.

Een dergelijk geval is later ook vermeld in het Jaarboek van het Departement van Landbouw van Ned. O.-I. van 1906, waar onder soortgelijke omstandigheden Java-tabak mislukte.

Bij de suikerrietcultuur is geconstateerd, dat dit gewas in hevige mate is aangetast geworden door engerlingen, afkomstig van de klappertor, nadat de tuin met desa-mest bemest was geworden. De klapperboomen in en om de desa's (Malakka) zijn de primaire oorzaak geweest, dat een groote ophooping van die kevers en hunne larven in den mest terecht is gekomen en vandaar in den riettuin is overgegaan.

Een ander gevaar bij het bewaren van uitwerpselen van paarden en runderen dreigt hierin, dat zij een broedplaats kunnen worden van vliegen, die bij de verspreiding van besmettelijke ziekten een groote rol spelen, o.a. bij de surra-ziekte. Bij het heerschen van dergelijke ziekten is het geraden alle uitwerpselen te verbranden[1]), om zoodoende de vermeerdering van deze gevaarlijke vliegen tegen te gaan. In lateren tijd zijn van gouvernementswege verschillende bepalingen uitgevaardigd, omtrent het bijeenhouden van veel trekvee in één kraal ter voorkoming van besmetting. (De vliegen brengen de trypanosomosen en pyroplasmosen, die ziekten veroorzaken, over).

Rijststroo als strooisel in een stal kan schadelijk zijn voor de beesten, wanneer zij van het ondereinde eten gaan; daarom strooit men wel gedroogd pisangblad in de plaats.

Het geregeld afbranden van het stroo op de afgeoogste sawah's is een krachtig bestrijdingsmiddel van boorders; bij rijst verminderde het oogstverlies door boorders tot 2 %, tegenover 23 % en 44 %, toen dit niet geschiedde Gewoonlijk wordt het stroo, achtergebleven na het snijden van de padi ondergewerkt. Nu moet men vooral in een droog seizoen zooals op Oost-Java heerschen kan, zich er geen illusies van maken, dat de omzetting van organisch materiaal in de tropen altijd in korten tijd geschiedt. Rijststroo, dat 3 à 4 maanden in den grond gelegen

[1]) Volgens DE BIE geschiedt dit reeds, daar de Inlander ze als te verhittend beschouwt.

had in een goeloetan, was na dien tijd zoo weinig omgezet, dat lange halmen zonder te breken er nog in hun geheel uitgetrokken konden worden. Vochtgebrek door een buitengewoon langdurige droogte had de humificeering grootendeels belet.

Opmerkelijk bij het gebruik van den stalmest is, dat de mest nooit over het geheele veld wordt uitgespreid en ondergeploegd, maar meestal in kleine hoeveelheden met kisten of blikken, geul voor geul of plant voor plant wordt toegediend en ondergewerkt.

Afgezien van desa-mest en compost bestaat uit den aard der zaak de onvermengde stalmest op Java uitsluitend uit de uitwerpselen van paarden, runderen en karbouwen in min of meer gevorderden staat van verrotting. Een voorbeeld van de samenstelling is de volgende:

Samenstelling van de vaste uitwerpselen:

	Water.	Asch.	Stikstof.
Versche paardenmest	70 %	7.1 %	0.336 %
Id. luchtdroog	12 „	20.8 „	0.981 „
Versche karbouwenmest	80 „	4.9 „	0.262 „
Id. luchtdroog	18 „	20.1 „	1.06 „

Samenstelling van de urine:

Paardenurine (versch)	1.5—1.8 % stikstof.
Karbouwenurine	1.2 „ „

In de meeste gevallen is stalmest echter op te vatten als een soort compost of desa-mest, waarbij de samenstelling aan zeer groote wisselingen onderhevig is.

In den laatsten tijd worden op Java producten vervaardigd, door vermenging van stalmest met ampas, melasse, asch, en andere afvalproducten van de rietsuikerfabricatie, nadat deze nog een meer of minder ingrijpende bewerking hebben ondergaan. Het product, dat bekend staat onder den naam „molascinder" wordt op de suikerondernemingen zelve bereid en voor eigen gebruik toegepast. Voor den handel is het van geene beteekenis, daar het door de geringe concentratie en het groote volume geen groote transportkosten kan verdragen. Groote voorzichtigheid is bij het gebruik geraden in verband met de werking, die de verschillende bestanddeelen onderling op elkaar kunnen uitoefenen (van Deventer).

STIKSTOFRIJKE ORGANISCHE MEST (BOENGKIL).

Vóór den invoer van stikstofrijke zouten als zwavelzure ammonia en dergelijke heeft de landbouw in de tropen bijna uitsluitend boengkil als stikstofmest gebruikt.

Boengkil blijft bij het winnen van olie uit olie- en vethoudende zaden als uitgeperste koek achter, die gewoonlijk zeer eiwitrijk is. In Europa is het voordeeliger dit materiaal als veevoeder te gebruiken, zoodat het slechts gedeeltelijk en dan nog indirect als meststof op het land komt. In de meeste tropische landen, waar boengkil ten behoeve van den veestapel veel minder noodig is, dienen de uitgeperste koeken zelf als stikstofbemesting. De suikerrietcultuur op Java gebruikt er jaarlijks groote hoeveelheden van, die ten deele van Java afkomstig zijn, maar grootendeels geïmporteerd worden uit het Aziatische vasteland (China of Britsch-Indië).

Aangezien boengkil gemaakt wordt van de zaden van cultuurgewassen, die in dit werk nader beschreven worden, kan hier volstaan worden met eenige gegevens van algemeenen aard. Deze zijn grootendeels ontleend aan publicaties van de Java-suikerproefstations, omdat de meeste boengkil voor de rietcultuur wordt gebruikt.

Samenstelling van perskoeken van grondnoten (Arachis hypogaea).

Katjang boengkil in verschen toestand bevat aan
stikstof ongeveer 6 %; aan asch 8 %.

Vooral bij lang bewaren in een vochtige omgeving, kan broeiing optreden, waarbij lagere organismen de eiwitachtige lichamen omzetten en stikstofverlies niet is buitengesloten. Verder komt opzettelijke vervalsching voor door vermenging met aarde, gemalen steen, enz. Dergelijke vervalschingen verraden zich door een abnormaal hoog aschgehalte; is dit hooger dan het aangenomen grenscijfer 10 %, dan wijst dit hooge gehalte op anorganische bijmengsels.

Het stikstofgehalte kan ook sterk dalen door opzettelijke vermenging met fijn gemaakten, nietswaardigen plantenafval; langs microscopischen weg is deze vervalsching gemakkelijk te ontdekken, terwijl een stikstofbepaling in ieder geval de waarde als meststof aangeeft. De suikerindustrie op Java heeft overigens van dergelijke praktijken weinig te duchten, daar alle fabrieken goed ingerichte laboratoria

bezitten met deskundig personeel. Bij de cultures, waar men op de onderneming geen laboratorium heeft, is men aangewezen op de proefstations of op onderzoekingsbureaux, om zekerheid aangaande de samenstelling en de waarde van de meststof te verkrijgen.

De werking van de boengkil hangt voor een deel af van de snelheid, waarmee de eiwitachtige verbindingen in den grond in een voor de plant opneembaren vorm worden omgezet en van de richting, waarin die omzetting verloopt. Deze hangt weder nauw samen met de meer of minder gunstige levensvoorwaarden voor de mikro-organismen, die daarbij een rol spelen. De praktijk gebruikt op lossere gronden, waar luchttoevoer gemakkelijk en overvloedig plaats kan vinden, nog veel boengkil, maar op de zware klei is zij geheel verdrongen door de zwavelzure ammonia.

Als organische meststof moet de waarde van de boengkil niet overschat worden, omdat zelfs bij gebruik van 10—15 pikol per bouw de hoeveelheid geheel onvoldoende is, om de physische gesteldheid van den grond te verbeteren. De tijdsduur, dien de omzetting van de meeste eiwitachtige lichamen behoeft, om in een voor het gewas opneembaren vorm te worden veranderd, is voor suikerriet experimenteel bepaald geworden. De omzetting bleek, behalve bij enkele moeilijk ontleedbare lichamen tijdig genoeg afgeloopen te zijn, om de eiwitstof nog tijdens de groeiperiode van de rietplant opneembaar te maken. (Kramers, Prinsen Geerligs, v. d. Jagt, Kobus). Er volgt uit, dat onder deze omstandigheden op een nawerking van de boengkil als stikstofmest voor de volgende gewassen niet veel te rekenen valt. In de inleiding is er reeds op gewezen, dat de vraag naar boengkil de laatste jaren gestegen is door de groote behoefte aan veevoeder. Dit werkt het gebruik van zwavelzure ammoniak in de hand ook op gronden waar minder dure boengkil tot dusverre met voordeel is gegeven.

Andere boengkil-soorten en hun samenstelling zijn nog:

		Stikstof.	Asch.
Djarak-boengkil	(Ricinus communis)	4.2	6.15
Kapok- „	(Eriodendron anfractuosum) .	4.4	7.1
Klapper- „	(Cocos nucifera)	3.6	6.4
Kedelee- „	(Soja hispida)	7.—	5.1

Deze cijfers geven slechts een gemiddelde aan; onderzoek vóór aankoop of gebruik is derhalve geraden.

Gegevens aangaande andere boengkil's bijv. die van kratok (Phaseolus lunatus) e.a. blijven hier onbesproken. Hetgeen omtrent den achteruitgang en de vervalsching en ook over de omzetting van katjang-boengkil is vermeld, geldt in hoofdzaak ook voor de andere boengkil-soorten.

Vóór het gebruik moeten de koeken eerst gebroken en fijn gemalen worden om ze nauwkeurig in de verlangde hoeveelheid af te kunnen meten en ter bevordering van de omzetting in den grond.



Photo Dr. Hj. Jensen.

Fig. 19. Brandoven voor tabaksstronken.

Asch.

Goede diensten als meststof bewijst ook plantenasch, een in Indië veelvuldig voorkomend afvalproduct. Bij het ontginnen van met oerbosch bedekten grond wordt het grootste deel van het hout, na het vellen van het bosch, door het vuur opgeruimd. Plaatselijk, afhankelijk van de brandbaarheid van de gevelde boomsoorten, krijgt men soms zooveel asch, dat het noodig is haar over een groot oppervlak uit te spreiden, om te voorkomen, dat het cultuurgewas schade lijdt door de groote concentratie, eventueel door een te sterk bijtende werking van de potasch (kaliumcarbonaat). In de desa wordt de houtasch, afkomstig van het brandhout, gewoonlijk vermengd met den anderen keukenafval en zoo in de compost of desa-mest op het veld gebracht. In Midden-Java, waar gedroogde tabaksstengels als brandstof zeer gezocht zijn, is de waarde van de keukenasch vrij hoog.

Het verdient in vele gevallen aanbeveling, de op het veld achterblijvende resten van de cultuurgewassen, niet als zoodanig onder te

werken of voor compostbereiding te verwerken, maar na verbranding alleen de asch te gebruiken. Bij onderwerking of composteering zonder meer, bestaat het gevaar, wanneer die plantenafval geïnfecteerd was met ziekten of insecten, dat deze, na later in den grond te zijn gebracht, de volgende gewassen kunnen teisteren [1]).

De samenstelling en de waarde van de plantenasch hangen zoowel af van de plantensoort als van de groeivoorwaarden; zij is derhalve ook bij verbranding van dezelfde plantensoort aan groote schommelingen onderhevig.

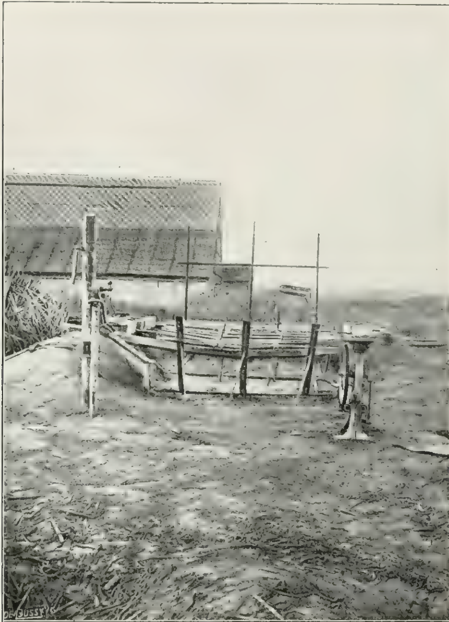


Photo C. H. G. Meylink.

Fig. 20. Stookplaats met rooster, pijpleiding, ventilator en 3 vertikale stijlen.

De op het veld achterblijvende resten van de tabaksplant, stengel, onverkoopbaar blad enz. leveren na verbranding een asch, die behalve aan kalk en phosphorzuur zeer rijk is aan potasch en andere kaliumzouten. Het winnen van de asch geschiedt tegenwoordig op enkele Java-tabaksondernemingen in speciale gemetselde ovens. Bijgaande fig. 19 is de afbeelding van een dergelijken in Midden-Java (Vorstenlanden) op advies van het Proefstation gebouwden oven (Jensen). Ook op Deli is men er met medewerking van het Proefstation aldaar, toe overgegaan. Een met eenvoudige hulpmiddelen ingerichte stookplaats met rooster, pijpleiding, ventilator om de lucht kunstmatig toe te voeren, en stijlen om de tabaksstelen hoog op te kunnen stapelen (Zie fig. 20 en 21; Meded. D. P. S.) voldoet zeer goed in de praktijk (Meylink).

[1]) Zie hetgeen bij den stalmest en compost op pag. 189 hieromtrent werd medegedeeld.

Hoewel plantenasch meestal vrij rijk is aan potasch, zijn er ook planten en plantendeelen, die hoewel rijk aan asch, na verbranding een bijna waardeloos materiaal achterlaten; rijstdoppen, o.a. leveren veel minderwaardige asch, omdat de hoofdmassa uit kiezelzuur bestaat.

Slib en bevloeiingswater.

In verband met den aard en de samenstelling van den Indischen grond, de terreingesteldheid en het regenrijke klimaat vinden slib-



Photo Dr. L. P. de Bussy.

Fig. 21. I. Verbranding van de tabaksstengels na den oogst, vernietiging van lagere organismen en ongedierte. II. Winnen van de asch.

vorming en slibtransport op groote schaal plaats. De algemeen toegepaste bevloeiing ten behoeve van den landbouw — alleen op Java zijn eenige millioenen bouws sawah, — maakt, dat een groot deel van de voedingsstoffen in het slib en het water aan de gewassen ten goede kan komen, waar deze zonder bevloeiing grootendeels ongebruikt in de zee terecht zouden komen.

Wanneer de samenstelling van de met het water meegevoerde bestanddeelen medewerkt, komt de gunstige invloed op het cultuurgewas door de krachtige ontwikkeling duidelijk voor den dag. Om deze reden is het hooger gelegen deel van een sawah-vak (toelaän) o.a. door den meerderen slibtoevoer gewoonlijk vruchtbaarder dan de grond aan den lagen kant van hetzelfde vak (boentaran), waar het wegstroomen van het water eerder tot verarming leidt. Bij den aanleg van proefvelden op zulk terrein moet men met deze verschillen in vruchtbaarheid rekening houden, wil men niet voor onbetrouwbare en onjuiste uitkomsten komen te staan.

De eerste onderzoekingen vooral aan de suikerproefstations zijn voornamelijk gericht geweest op de hoeveelheid en de samenstelling van het slib, voorzoover deze van belang zijn voor de rietcultuur op Java. Later zijn te Buitenzorg (Den Berger) in deze richting onderzoekingen begonnen, om een meer algemeen inzicht te krijgen in het geheel. Onmisbaar daarvoor is: bekendheid met den samenhang tusschen samenstelling en eigenschappen van den grond, die bevloeid wordt, die van het water en die van het slib, dat verplaatst wordt.

De aard en het absorptie-vermogen van den grond en van het slib en hun graad van verzadiging ten opzichte van de oplosbare bestanddeelen eenerzijds en de verdeeling van de opgeloste voor absorptie vatbare stoffen in water, slib en grond anderzijds, moeten den doorslag geven bij de beoordeeling van hetgeen er bij irrigatie gebeurt. Aangezien een dergelijk onderzoek ook rekening te houden heeft met klimaat, grondbewerking, bemesting en gewas, zijn voorloopig nog geen definitieve uitkomsten te wachten.

De beteekenis voor de praktijk kan uit het volgende gemakkelijk worden ingezien. Een overigens zeer rijk bevloeiingswater gaat sterk in vruchtbaarheid achteruit na in aanraking te zijn geweest met een sterk absorbeerenden grond, die slechts weinig verzadigd is. Omgekeerd kan bevloeiingswater, dat arm aan opgeloste stoffen is, wanneer het op een vruchtbaar sawahvlak komt, er, door onttrekking van die stoffen, verrijkt van wegstroomen; in dit laatste geval wordt de grond armer door de bevloeiing, maar het wegloopende water rijker of vruchtbaarder. Deze verarming of verrijking wordt beheerscht door een streven naar evenwicht tusschen de hoeveelheid water en de hoeveelheid en den aard van de verbindingen, die in den grond, in het slib en in

het water aanwezig zijn. Het mechanisch meegevoerde slib oefent in dezen veel invloed uit, omdat het gewoonlijk een betrekkelijk hoog absorbeerend vermogen bezit.

Een onderzoek alleen van slib en van water, zooals vroeger gebruikelijk was, zonder kennis van het gedrag van de bodembestanddeelen en hunnen graad van verzadiging met de aanwezige absorbeerbare stoffen, brengt de oplossing niet veel verder. Ook moet men in het oog houden, dat het bevloeiingswater meestal op ieder vak feitelijk van samenstelling verandert en tegenover een grond komt, die weder telkens in andere condities verkeert dan die van het vorige vak. (Onderzoekingen omtrent de waarde van 1e, 2e, 3e enz. handsch water en de overwegingen, die tot het invoeren van het golongan-systeem hebben geleid, bewijzen het bovenstaande).

In verband met de herkomst is de samenstelling van het slib en van het bevloeiingswater zeer verschillend; zij loopt van bijna geheele onvruchtbaarheid, zooals kwarts (SERAJOE), tot grooten rijkdom aan opneembare stikstof, phosphorzuur, kali en kalk toe[1]).

Het water, dat voor bevloeiïng gebezigd wordt, bevat meestal nog voordat het met het te irrigeeren terrein in aanraking komt, reeds velerlei stoffen in oplossing. Is het regenwater, dan zijn er o.a. stikstofhoudende verbindingen in opgelost, die ontstaan zijn door electrische ontladingen in de atmosfeer. Bij een gemiddelden regenval voor Java van 1,5 M. 's jaars, en bij een totaal gehalte aan stikstofhoudende lichamen zooals te Pasoeroean gevonden is, zou er per bouw en per jaar met het regenwater 7.35 K.G. stikstof op den grond terechtkomen.

Irrigatie-water uit een leiding, die door een desa heeft gestroomd, is meestal zeer rijk aan stikstofhoudenden afval, faecaliën[2]), enz., zooals aan het gewas op het vak, waar dit water het eerst overheen stroomt, duidelijk te zien is. Gewassen kunnen soms door den overmatigen stikstoftoevoer veel te welig groeien, hetgeen zelfs legering tengevolge kan hebben. Een denkbeeld van de hoeveelheid plantenvoedsel, die door de irrigatie per jaar en per bouw soms op het land gebracht kan worden, volgt uit een onderzoek, waarbij alleen de stikstof, omgerekend

[1]) Bij banjirs komt het soms voor, dat een zoo groote hoeveelheid slib op het land terechtkomt, dat het gewas (bijv. suikerriet) er nadeel van ondervindt (zie blz. 170).

[2]) In verband met de gebruikelijke wijze van defaeceeren bij den Inlander, dragen de menschelijke faecaliën op groote schaal bij tot de vruchtbaarheid van zulk irrigatie water.

als zwavelzure ammonia een quantiteit van meer dan 10 pikol bedroeg.

Verder komen er bronnen voor, wier water giftige opgeloste stoffen bevat en die dus voor den landbouw en voor den plantengroei in het algemeen geheel onbruikbaar zijn. Toch is het water van het Kawah Idjen meer, niettegenstaande het eenige procenten vrij zoutzuur (HCl) bevat, voor irrigatie te gebruikten, want toevallig trof men in de nabijheid een bron aan met sterk alcalisch reageerend water. Door het laten samenvloeien van deze twee wateren, waarbij de regeling geschiedt door een van lakmoespapier voorzienen sluiswachter, gelukte het een voor irrigatie bruikbaar water te krijgen (Nijman en Haringhuizen).

Groenbemesting.

De verwachting, dat de gunstige resultaten, welke men met groenbemesting in Europa heeft verkregen, ook in tropische streken niet zouden uitblijven, is door talrijke proeven reeds jaren geleden bewaarheid geworden. Alleen bleek het noodig eenige wijzigingen aan te brengen bij de toepassing in verband met de omstandigheden, waaronder de landbouw in Ned. O. Indië plaats vindt. Deze wijzigingen hangen ten deele samen met het tropische klimaat en den plantengroei, ten deele met het geheel andere systeem van grondgebruik, zooals zich dat afspiegelt in de rechten, die de gebruiker op den grond kan doen gelden of in andere oeconomische factoren. Ook moet men er rekening mede houden, dat suikerriet op vele gronden, met een zeer laag gehalte aan organische stof betere uitkomsten geeft dan op humusrijkere. Het humusgehalte wisselt op talrijke sawah- en rietgronden tusschen niet meer dan 0.89 en 1.9 %.

De Inlandsche landbouwer past sedert lang een soort groenbemesting toe bij de sawahcultuur (De Bie). Goedaardig onkruid en met name planten met min of meer vleezige stengels en bladeren, die dus gemakkelijk vergaan, worden ondergewerkt, alzoo als groene mest benut. Komen zij echter dermate voor, dat de padi bedreigd wordt, dan spaart men ze niet en laat het overtollige in de waterleidingen afdrijven of het wordt op de sawahdijkjes gelegd in stede van het onder te werken.

Bij den door Europeanen gedreven landbouw wordt de groen-

bemesting toegepast met het doel, op een goedkoope manier den grond met stikstof te verrijken voor het volgende gewas, of om bovendien de hoeveelheid humus te vermeerderen. In de praktijk geeft men soms



Photo W. van Deventer.

Fig. 22. Groene bemesting met Arachis hypogaea (katjang tanah) op de dammen, vóór het planten van het suikerriet.

een veel grootere uitbreiding aan het begrip groenbemesting en rekent er o.a. ook toe: de bestrijding van ongewenschte onkruiden, de be-

schaduwing van cultuurgewassen, de bescherming van den grond tegen afspoeling, beschutting tegen den wind, enz. Hier komt alleen ter sprake de *verrijking van den grond.*

Het cultuurgewas geeft den doorslag bij het doen van een keuze van de groenbemestingsplant. Planten, bijv. die aan dezelfde ziekten onderhevig zijn of door dezelfde schadelijke insecten bezocht worden als het volgend gewas, mogen daarvoor niet als groenbemesting dienst doen. Waar een intensieve landbouw bestaat met een dikwijls onafgebroken vruchtopvolging, zooals in het laagland van Java is men zeer beperkt in de keuze van groenbemestingsplanten, omdat de tijd, die voor den groei van deze planten beschikbaar blijft en die bovendien veelal nog in het droge jaargetijde (Oostmoesson) valt, zeer kort is.

Bij de suikerrietcultuur kan de groenbemestingsplant soms niet eens groeien op de plaats, waar zij ondergewerkt zal worden, maar is gekweekt op een sawah in de nabijheid, vanwaar de plantenmassa naar den riettuin moet worden overgebracht. In andere gevallen plant men de stikstofverzamelende planten (katjang tanah en andere) dan *op* de goeloetans (bedding), om later overgebracht en onder gewerkt te worden *in* de larikan (geul), waar de rietplant komt te staan. (Zie fig. 22).



Photo Dr. L. P. de Bussy.

Fig. 23. Crotolaria striata, overgroeid door Passiflora foetida.

In de gewone gevallen vormt echter de groenbemestingsplant een gesloten aanplant. Dit heeft het voordeel, dat de grond later niet alleen gelijkmatig verrijkt wordt met organische en anorganische bestanddeelen, maar ook, dat het aaneengesloten plantendek de nietgewenschte onkruidsoorten verstikt en er zoodoende na de onderwerking een schoon terrein voor het cultuurgewas ter beschikking komt. Ook in het wild groeiende planten als Passiflora foetida L. (Ramboetan oetan) kunnen van nature den grond met een zoo dicht aaneengesloten



Photo W. M. van Helten.

Fig. 24. Centrosema Plumieri. 6 maanden oud, als groenbemesting tusschen jonge Ugandakoffie.

plantenmassa bedekken, dat niet alleen de ontwikkeling van de gevreesde lalang afdoende wordt belet maar dat ook opzettelijk uitgezaaide groenbemestingsplanten er door overgroeid worden. (Zie fig. 23). Ook andere in het wild groeiende planten zijn voor groenbemesting bruikbaar gebleken: Stellaria, Crotolaria-soorten, Centrosema Plumieri, enz. (Zie fig. 24).

Om zooveel mogelijk profijt van een groenbemesting te hebben, is het noodig het onderwerken op den juisten tijd te doen geschieden, dat is, wanneer de bladmassa het grootst is. Houdt men rekening met de eischen van het cultuurgewas, dan moet het onderwerken der bladmassa vroeg genoeg plaats hebben, om zeker te kunnen zijn van een voldoende omzetting en humificatie. Wacht men er te lang mee, dan rijpen de zaden van de groenbemestingsplant en storen later het cultuurgewas. Werkt men te lang van te voren onder, dan geeft men het onkruid op den rijken omgewerkten grond weder de vrije hand.



Photo Dr. L. P. de Bussy.

Fig. 25. Proefterrein met groenbemestingsplanten van het Deli-Proefstation.

Bij groenbemesting op hellend terrein in het bergland bij de cultuur van koffie, kina, cacao, enz., verlangt men bovendien nog van de groenbemestingsplant, behalve de bovengenoemde verrijking van den grond en de onkruidbestrijding, dat de wortels en bovengrondsche organen de kracht van het water breken en het loswerken en meevoeren van grond bij zware regenbuien zullen tegenhouden. Bij de keuze en de beoordeeling van de waarde van een gewas of plant, moet daarmede dus ook rekening worden gehouden. Bovendien stelt ieder cultuurgewas en ook iedere grondsoort, gepaard met verschillende locale omstandigheden zooals regenval en hoogte boven de zee, weer speciale eischen bij de toepassing van deze bemesting. Bij de cultuur van tabak voor dekblad moet men

voorzichtig zijn met het gebruik van leguminosen, omdat de groote stikstofverrijking van den grond, die er mede gegaard gaat, de qualiteit van het tabaksblad benadeelen kan.

Het zijn niet alleen de particuliere proefstations, die zich met dit onderwerp bezighouden, doch in de laatste jaren zijn ook te Buitenzorg (VAN HELTEN) tal van proeven genomen met op Java en Sumatra inheemsche planten en gewassen; verder zijn voor dit doel tal van uitheemsche planten geïmporteerd geworden. Zoo worden successievelijk voor den landbouw in de verschillende streken van



Fig. 26. Tephrosia groenbemesting voor getah-pertja boomen.

Java en Sumatra een aantal groenbemestingsplanten bekend, die speciaal voor de bepaalde cultures in die streken het meest aanbevelenswaard zijn (Deli-Proefstation, Java-proefstations, Gouvernements cultures).

Bijgaande afbeeldingen stellen een proefneming of een toepassing voor met groenbemesting bij eenige cultures. (Fig. 25—27).

KALKBEMESTING, ENZ.

Een bijzondere aandacht vraagt de bemesting met kalk. In een tropisch en sub-tropisch klimaat werkt kalk zeer intensief op den



Photo W. M. van Helten.

Fig. 27. Canavalia ensiformis, 6 maanden oud, als groenbemesting tusschen jonge klappers.

grond, vooral wanneer deze van jong-vulcanischen oorsprong is; voor cultuurgewassen kan dit tot groote nadeelen leiden, zoodat er in Japan zelfs wettelijke verbodsbepalingen bestaan tegen het gebruik in sommige gevallen. Voor den jong-vulcanischen grond op Java en Sumatra gelden soortgelijke bezwaren. Niettegenstaande men bij een onderzoek op koolzure kalk in de meeste Indische gronden slechts uiterst geringe hoeveelheden aantreft, wijst dit geenszins op het ontbreken van kalk; onderzoekingen ten behoeve van Java-suikerrietgronden hebben aan den dag gebracht, dat er in het geheel geen gebrek aan assimileerbare kalk in dien grond bestaat. De kalk komt er echter zooals gezegd, als regel niet als calciumcarbonaat in voor, dat trouwens gemakkelijk door het koolzuurhoudende water uitgespoeld wordt, maar als gemakkelijk ontleedbaar silicaat (MARR).

Jaren geleden heeft men, in navolging, van wat in W.-Europa gebruikelijk was, de structuur van zwaren kleigrond op Java trachten te verbeteren door een sterke kalkbemesting. Nadat de suikerrietoogst van het veld was en de grond weder voor den rijstbouw (sawah) ter beschikking kwam, had een diep ingrijpende verandering plaats gehad. De aanvankelijk grijs-grauwe kleur was veranderd in een roode, waarschijnlijk door ijzeroxyde en ook ondervond de rijst in hooge mate nadeelige gevolgen van dien kalktoevoer. De meening, dat de schade eener kalktoevoeging hier zou voortvloeien uit een „uitmergeling" van den grond, mag verouderd heeten, sinds jaren geleden (1891) er voor den Europeeschen landbouw op gewezen is, dat het begrip „uitmergelen" afgedaan heeft, mits men een rationeele bemesting en vruchtopvolging toepast (STUTZER).

Bij bestudeering van den invloed van kalktoevoeging aan den grond, is het onvoorwaardelijk noodig het cultuurgewas in het onderzoek te betrekken; zelfs een betrekkelijk geringe hoeveelheid calciumcarbonaat is in staat geheel abnormale verschijnselen bij sommige gewassen te voorschijn te roepen. In Europa is dit waargenomen bij enkele in het wild groeiende planten en ook bij sommige soorten wijnstok. In tropische streken schijnt het meer voor te komen; het ziekte-beeld vertoont zich als een weinig ontwikkelde plant met bleeke, chlorotische bladeren, waarnaar de ziekte genoemd is (chlorosis). Zij komt voor o.a. bij ananas (Porto Rico, enz.), bij suikerriet en bij rijst. Met gebruikmaking van de methode WHITNEY is de invloed van enkele procenten (5)

calciumcarbonaat (d.i. 2,8 % CaO) nagegaan op rijst. Bij de proef, die te Wageningen genomen is, werd gebruikt vruchtbare, Hollandsche zavelgrond, als zoodanig en vermengd met bovengenoemd bedrag aan kalk. De afbeelding (fig. 28) stelt den stand voor aan het einde van de proef, nadat de rijst onder overigens geheel gelijke omstandigheden 22 dagen oud is geworden. In dien tijd hebben de planten in grond



Fig. 28. Chlorosis door kalk bij rijst.

zonder calciumcarbonaat 800 c.M^3. water door transpiratie verdampt, tegenover 350 c.M^3. bij die in den grond met kalk.

Uitkomsten, verdampt water:

Proef met rijst op:	Verdampt water.	
	in grammen.	berekend op **100**.
Grond zonder kalktoevoeging	800	**100**
„ met 5 % $CaCO_3$	348	**43**

Ook de productie aan vaste stof (de wortels blijven buiten beschouwing), versch en in watervrijen toestand, vertoont dezelfde groote verschillen ten nadeele van de rijst met toegevoegde kalk.

Uitkomsten gewicht der planten:

Proef met rijst op:	Versch gewicht der rijstplanten zonder wortels		Droge stof der rijstplanten zonder wortels	
	in grammen.	berekend op **100.**	in grammen.	berekend op **100.**
Grond zonder kalktoevoeging.	9.9	**100**	2.2	**100**
„ met 5 % $CaCO_3$ . . .	2.7^5	**27**	0.67	**30**

Behalve de groote verschillen in transpiratie en ontwikkeling, die uit de bovenstaande cijfers en uit de afbeelding voor den dag komen, vertoonen de bladeren van de planten op den grond met kalk in sterke mate de bleeke, lichte kleur, die voor „chlorosis" karakteristiek is.

Mede gedachtig aan de gegevens, die men vroeger op Porto Rico met proefnemingen in deze richting verkregen heeft, verdient het ongetwijfeld aanbeveling ook op Java en Sumatra speciale onderzoekingen aangaande den invloed van koolzure kalk op verschillende cultuurgewassen in te stellen.

Mangaan en ijzer. Het toevoegen van mangaanzouten ter bevordering van den groei van cultuurgewassen is ongetwijfeld in de meeste Indische gronden overbodig, omdat het mangaangehalte er in het algemeen veel hooger is dan dat van Europeesche gronden; hetzelfde geldt voor het ijzer.

Meststoffen van minder beteekenis door hun beperkte toepassing.

Zemelen. Bij den Inlandschen landbouw vindt men nog gewag gemaakt van het gebruik van zemelen als meststof. Zij zijn als zoodanig niet bijzonder gezocht, tenzij in goed verganen vorm, of nadat zij eerst gedeeltelijk verbrand zijn. Wat er na dit proces nog van de mestwaarde is over gebleven zal wel niet groot zijn. Het restant wordt vóór het gebruik meestal gemengd met desa-mest, omdat de Inlander de zemelen, zoolang ze nog niet geheel vergaan zijn, voor te verhittend (panas) houdt, maar ook, omdat zij witte mieren (rajap), engerlingen en ander ongedierte aanlokken en, waar boschterrein in de nabijheid ligt, ook wilde varkens.

Vleermuizen-guano. Plaatselijk vindt men hoeveelheden, die het de moeite loonen deze guano als meststof te verzamelen. Vindplaatsen zijn natuurlijke holen, maar ook ongebruikte schoorsteenen of verlaten gebouwen (Meststofgrot Goeha Tjandi, Soekaboemi).

De bruikbaarheid als meststof hangt samen met de herkomst en wel zoodanig, dat de guano van insectenetende vleermuizen rijker is aan stikstof, dan die van vruchteneters.

Samenstelling van eenige monsters zuivere onvervalschte vleermuizen-guano:

HERKOMST.	Water.	Asch.	Phosph.	Stikstof.
Uit een grot	31.78	20.7	4.19	5.09
Uit een schoorsteen, versch	54.41	13.05	2.81	3.23
Uit een schoorsteen, 3 maanden oud	42.15	26.52	3.27	3.51

Het phosphorzuurgehalte van andere monsters lag tusschen 2.2 en 8.9 %.

Vleermuizenmest, afkomstig van insecteneters, kan volgens Kobus tot 11 % stikstof bevatten; omtrent de opneembaarheid van deze stikstof is rekening te houden met de chitine-resten, die als mest nagenoeg waardeloos zijn, niettegenstaande het stikstofgehalte. De guano wordt meestal in kleine hoeveelheden tegelijk te koop aangeboden; vervalsching met klei of zand is niet buitengesloten.

Samenstelling van aan de deur gekochte monsters:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Stikstof	4.05	4.48	4.22	2.22	3.19
Phosphorzuur	2.79	2.12	3.01	2.18	1.73

Ook met *vogelmest* (zwaluwenmest) uit Borneo en met *hoornafval* zijn proeven genomen, de toepassing is echter uiterst gering. Garnalenschalen dienen o. a. te Singkawang als mest voor pepertuinen.

Ter bemesting van zaadbedden voor tabak zijn proeven genomen met het toevoegen van eenige blikken met zand (Vorstenlanden, O. de Vries). Chineezen maken nog wel gebruik van gebrande aarde (Banka).

Onder de afval-producten van de op Java bestaande industrieën neemt de *melasse*, afkomstig van de suikerfabrieken een bijzondere plaats in. Blijkens proefnemingen, vooral op de lichte gronden van Midden-Java, kan zij een gunstige werking uitoefenen op de suikerproductie. Zelfs is een maximum-toename in suikeroogst van 34 % geconstateerd door een melasse-bemesting; de werking is echter nog niet geheel bekend.

Ketelasch en *defecatie-vuil* hebben waarde als phosphorzuurmest; het laatste is eenigszins met desa-mest te vergelijken. In verschen toestand kan het door zijn gehalte aan calciumsulfiet giftig zijn; door het overjarig te laten worden, verandert het sulfiet waarschijnlijk in het onschadelijke sulfaat.

Carbonatie-vuil is arm aan organische stof, maar rijk aan koolzure kalk. In sommige gevallen is het met goed gevolg als meststof voor riet gebruikt. Voorzichtigheid is geraden, omdat het de rietproductie soms opjaagt ten koste van het suikergehalte.

Op Java bestaan eenige *mestfabrieken*, die afval- en bijproducten

van verschillende takken van industrie verwerken met geïmporteerde zouten tot mestmengsels van velerlei samenstelling en die onder verschillende namen in den handel worden gebracht.

Hoewel de geologische afkomst en de samenstelling van den meesten grond in Oost-Indië als regel een bemesting met kaliumzouten overbodig maken, komt een enkele maal de noodzakelijkheid van kaliumtoevoeging aan het licht. Er moge daarom op gewezen worden, dat sedert kort, enkele Java-spiritusfabrieken op grootere schaal kaliumzouten winnen, als bijproduct na verwerking van melasse. Zelfs zijn reeds kleine partijen hier te lande aan de markt gekomen. Het is te wenschen, dat gebruikers van kaliummeststoffen in Oost-Indië hiermede rekening houden, opdat zich niet het zonderlinge en onoeconomische geval moge voordoen, dat een boot kaliumzouten uit Europa naar Java of Sumatra (Deli) voert en wellicht dezelfde zouten uit Java afkomstig als retourlading weer naar Europa terugbrengt.

Titèn. (Uitgeloogde indigo-planten).

De titèn is een afvalproduct van de indigobereiding en wel de uitgeloogde plantendeelen uit den zoogenaamden fermenteerbak. De waarde als meststof hangt samen met het gehalte aan gemakkelijk ontleedbare eiwitachtige bestanddeelen en met de hoeveelheid organische stof. Het gebruik is beperkt tot de onmiddelijke nabijheid van de indigofabriek, omdat het materiaal geen hooge transportkosten dragen kan. De hoeveelheid stikstof wisselt sterk, afhankelijk van de wijze van bewaren, en kan dan zelfs dalen tot niet meer dan 0.71 % tegenover ruim 3.1 procent in verschen titèn, in de zon gedroogd.

Geïmporteerde Meststoffen.

Hiervoor is reeds vermeld, dat in de meeste gevallen een rationeele bemesting te verkrijgen is door één of zoo noodig meer enkelvoudige meststoffen te gebruiken en dat slechts bij uitzondering mestmengsels, die stikstof, phosphorzuur en kalium bevatten, in aanmerking komen. Dit leidt indirect tot besparing van vracht en emballage, omdat dergelijke enkelvoudige meststoffen gewoonlijk als zout het noodige bestanddeel in een zeer geconcentreerden vorm bevatten, zonder onnoodige bijmengsels.

Tengevolge van omstandigheden, die hiervoor aangegeven zijn, is bij de meeste cultuurgewassen toevoeging van stikstof het eerst en het meest noodig gebleken, waardoor de import van stikstofmeststoffen ook het eerst aan de orde is gekomen en deze tot heden ook de voornaamste plaats innemen.

Van de stikstofverbindingen is weder de *Zwavelzure Ammoniak* (Z. A.) de meest gebruikte.

Zwavelzure Ammoniak wordt bij duizenden pikols uit Europa en verder uit Australië en Japan geïmporteerd, het meeste als zoodanig, doch eveneens gemengd met phosphaten en soms bovendien nog met kaliumzouten als zoogenaamde „guano".

Alleen voor de suikerrietcultuur op Java, zouden jaarlijks 900.000 pikol, d. i. 55.600 ton noodig zijn (Van Deventer).

De constante samenstelling, ± 20,5 % stikstof, de groote zuiverheid en de oplosbaarheid in water, verklaren genoegzaam de goede bruikbaarheid. Andere voordeelen zijn de fijne verdeeling en de afwezigheid van schadelijke hoeveelheden giftige of nadeelige bijbestanddeelen. In een regenrijk klimaat biedt zij, bij een zorgvuldige onderwerking, voldoende waarborg tegen uitspoeling door de gemakkelijke absorptie van de ammoniak. Z. A. mag slechts weinig vrij zuur bevatten, omdat anders de emballage te veel lijdt en last en verlies bij het transport

niet uitgesloten zijn. Een schadelijke overmaat van stoffen als rhodaanammonium of van arsenicum-verbindingen, die voor het cultuurgewas nadeelig zijn, komt tegenwoordig bijna nooit meer voor. Voorzichtigheid is geboden bij het gebruik op gronden met bestanddeelen, die ontleding en vervluchtiging van ammonia kunnen veroorzaken. Vermenging met andere bestanddeelen als houtasch, potasch, Thomasphosphaat, carbonatatievuil en dergelijke, die een soortgelijke ontleding teweegbrengen, is evenzoo te vermijden. Bij de algemeen gebruikelijke methode om plant voor plant, (zie fig. 30), ieder een bepaalde portie toe te dienen, kunnen de sedert voor dit doel gebezigde automatische tabletten-persen, goede diensten bewijzen. De toepassing is bij Z. A. zeer gemakkelijk en voor de bemesting is er minder volk noodig dan volgens de gewone methode[1]).

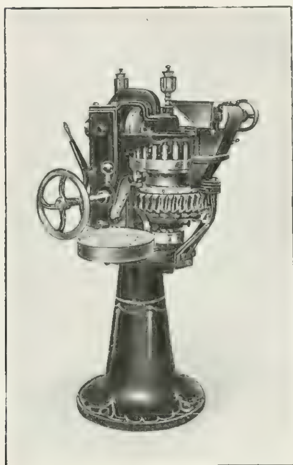


Fig. 29. Tablettenpers voor zwavelzure ammonia.

Waar, zooals gemeld, plant voor plant, of geul voor geul een afgemeten hoeveelheid mest gegeven wordt, maakten de koelie's vroeger gebruik van zeer primitieve en geïmproviseerde maatjes (zie fig. 31). De Chineesche koelie's op Sumatra's Oostkust gaven den mest o.a. in lepeltjes en kommetjes, die afgestreken een bepaalde hoeveelheid bevatten konden. In de Vorstenlanden zijn kegelvormige maatjes in gebruik geweest, die echter geen aanbeveling verdienen vanwege den spitsen vorm (van Deventer). Op Deli zijn op advies van het Deli-Proefstation modellen vervaardigd en in gebruik genomen, die van één tot eenige honderden grammen meststof inhouden. Op bijgaande fig. is ook dit Deli-model, afgebeeld.

[1]) De N.V. Handel-Maatschappij van A. Resink te Haarlem stelde destijds welwillend de afbeelding fig. 29 voor reproductie ter beschikking. De capaciteit van deze pers is 100.000 tabletten in 10 uur. De diameter van een tablet is ± 24 m.M. Het gewicht kan varieeren tusschen wijde grenzen van 3 tot ruim 7,5 gram. Sedert zijn proeven genomen, om het uiteenvallen bij transport te voorkomen, door bijmenging van een indifferente stof in kleine hoeveelheid die geen afdoend resultaat hebben gehad.

Bij proefnemingen bewijst het ronde model goede diensten, omdat er door den ronden vorm niets in hangen blijft. Door bijvijlen zijn zij op de gewenschte maat te brengen; zie verder de afbeelding (fig. 32).

Overigens blijven hier, evenals bij de vorige meststoffen geschied is, bijzonderheden achterwege aangaande den tijd en de wijze, waarop de bemesting geschieden moet. Het bestek van dit werk laat niet toe er verder op in te gaan in verband met de zeer uiteenloopende eischen, die zoowel de gewassen, als ook de grond en het klimaat stellen. Er



Photo W. [illegible]

Fig. 30. Bemesting van suikerriet plant voor plant.

bestaat voor de verschillende hoofdgewassen een zeer uitvoerige literatuur hierover, dank de onderzoekingen en proefnemingen van de praktijk en van de Proefstations.

Het is te verwachten, dat de tegenwoordige Z.A., die van de gasfabrieken en cokesovens afkomstig is, weldra als mededinger het zout naast zich zal vinden, zooals het thans onder medewerking van katalysatoren synthetisch in de techniek op groote schaal bereid wordt. Van veel minder beteekenis dan de Z.A. zijn de andere stikstofmeststoffen. Na Z.A. en de boengkil komt het eerst de *Chilisalpeter.*

Chilisalpeter (natriumnitraat) is de aangewezen meststof voor de gematigde luchtstreek, wanneer het gewas direct opneembare stikstof noodig heeft en er door de lage temperatuur niet op een voldoende nitrificatie in den bodem te rekenen valt. Het voordeel van direct opneembaar te zijn, dat aan Chilisalpeter boven Z.A. toekomt, vervalt echter in de tropen; daar toch geschiedt de nitrificatie gewoonlijk zoo snel en intensief, dat korten tijd na het onderwerken de ammonia in

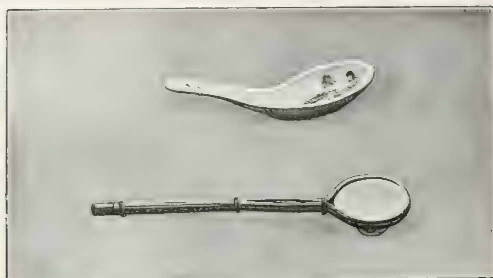


Fig. 31. Mestlepeltjes destijds in gebruik aan de Oostkust van Sumatra.



Fig. 32. Mestmaatjes.

genitrificeerden vorm voorhanden is. Het geringere stikstofgehalte (15 % tegenover 20—21 bij Z. A.), de groote oplosbaarheid en de

bewegelijkheid in den bodem, verder de voor sommige gewassen storende aanwezigheid van natrium maken, dat alleen onder speciale omstandigheden, aan deze meststof de voorkeur toekomt boven Z.A. In het algemeen is voor den dag gekomen, dat voor de meeste cultuurgewassen de Z. A.-bemesting te verkiezen is boven die met Chilisalpeter. In den allerjongsten tijd is opnieuw een zeer uitvoerig onderzoek op touw gezet om nogmaals in verband met de bestaande gegevens een vertrouwbare uitspraak in dezen te krijgen. (GEERTS).

Chilisalpeter trekt in deze dagen zeer de aandacht, omdat door het uitblijven van een voldoenden aanvoer van Z. A., pogingen in het werk zijn gesteld rechtstreeks ladingen Chilisalpeter naar Java gedirigeerd te krijgen.

Kalksalpeter. Deze verbinding, die in werking veel aan Chilisalpeter denken doet, is nog slechts bij hooge uitzondering op eenigszins grootere schaal in de praktijk gebruikt; voldoende ervaring om een juist oordeel over de waarde te vellen, ontbreekt vooralsnog.

Kalkstikstof en *Stikstofkalk* bezitten evenzoo eigenschappen, die maken, dat men voorloopig terecht aan Z. A. de voorkeur geeft.

Ammoniumnitraat en Ureumnitraat komen alleen in aanmerking voor proefnemingen; voor de praktijk is de prijs te hoog.

PHOSPHORZUURHOUDENDE MESTSTOFFEN.

Hooggradige en andere Superphosphaten. (In water oplosbaar phosphorzuur). Wanneer uit een bemestingsproef volgt, dat een phosphorzuurtoevoeging gewenscht is, kan het zeer nuttig zijn vooraf door een onderzoek van den grond uit te maken, in welken vorm en wanneer het phosphorzuur gegeven moet worden. Hierbij kunnen o.a. de hoeveelheid ijzeroxyde, respectievelijk aluminiumoxyde den doorslag geven. Vooral eventueel gevormd ijzerphosphaat is zeer moeielijk voor de meeste planten opneembaar; nauwkeurige proeven omtrent de opneembaarheid van phosphorzuurhoudenden mest in kalkrijken grond, zijn nog niet in voldoende aantal genomen. Waar het noodig is oplosbare phosphaten te bezigen, zijn hooggradige superphosphaten veelal aangewezen, omdat de emballage en de vracht minder drukken en vanwege de afwezigheid van schadelijke of onnoodige bijmengsels.

Thomasphosphaat. In sommige gevallen biedt het gebruik van

niet in water oplosbaar phosphorzuur een voordeel boven dat van superphosphaten; onder meer in gevallen, dat de grond ijzerrijk is. Proeven op Deli met Thomasmeel op ijzerrijken grond leverden voor tabak herhaaldelijk gunstige resultaten, mits rekening gehouden werd met een tijdige onderwerking en men het niet te laat tijdens den groei aan de plant geeft.

Oceaan-phosphaat en Perlisphosphaat. Het laatstgenoemde is afkomstig van Malakka. Deze ruwe phosphaten zijn op hun waarde als phosphorzuurmest bij suikerriet nader onderzocht; ook wanneer zij in fijngemalen toestand ondergewerkt worden, bleek het riet eerst langen tijd na het onderbrengen, in staat het phosphorzuur op te nemen. Voortzetting der proeven is zeker gewenscht (Van Deventer).

Kalium-houdende Meststoffen.

Kalium-houdende meststoffen spelen in O.-Indië, met name op Java, een zeer ondergeschikte rol, zooals reeds opgemerkt is (zie pag. 210).

Onder de in den handel voorkomende kaliumverbindingen zijn er vele gekenmerkt door een hoog gehalte aan chloor en zwavelzuur, reden waarom deze bij de cultuur van sommige tropische gewassen te vermijden zijn, o. a. bij die van tabak; suikerriet schijnt er ongevoelig voor te zijn. In het algemeen maken de aard en de samenstelling van de meeste Indische gronden het toevoegen van kaliumhoudenden mest overbodig, terwijl, waar het noodig mocht zijn, Indië zich zelf zou kunnen redden (zie pag. 194, bij de inheemsche kalium-verbindingen).

De gevallen, waarin kalium-toevoer werkelijk onmisbaar is gebleken en voordeelig gewerkt heeft, kunnen bij de verschillende cultuurgewassen een plaats vinden.

GROEI, ADEMHALING EN VOEDING VAN DE PLANTEN

DOOR

F. A. F. C. WENT.

INHOUD.

GROEI

ADEMHALING.

VOEDING.

Groei.

—

§ 1.

Het woord groei omvat veel meer dan alleen toename in grootte, vermeerdering in volume van een plant, zooals de meest eenvoudige overweging gemakkelijk leert. Immers, verschillende deelen van een groeiende plant, een blad, een stengel, een wortel nemen, terwijl zij groeien, in grootte toe, maar krijgen daarbij toch ieder een verschillenden vorm en ook een verschillende inwendige struktuur.

Dat groei iets meer is dan toename in volume, blijkt vooral, wanneer men verschillende plantensoorten met elkaar vergelijkt; uit zaden, die dikwijls veel overeenkomst met elkaar schijnen te bezitten, ontwikkelen zich toch verschillende planten.

Wanneer de omstandigheden maar gunstig zijn, kan elk willekeurig zaad ontkiemen en er groeit een nieuwe plant uit. Deze omstandigheden, de uitwendige factoren, die den groei teweeg brengen, zijn voor de meeste planten in hoofdzaak gelijk; hetzelfde geldt voor de wijze, waarop de toename in grootte plaats heeft. Maar dat uit een koffiezaad steeds weer een koffieplant zich ontwikkelt met alle eigenaardigheden, die deze kenmerken, uit een Hevea-zaad altijd weer een Heveaboom, is een gevolg van de inwendige struktuur van die zaden, die erfelijk van geslacht op geslacht overgeplant is. M.a.w. men kan onderscheid maken tusschen de *mechanische* oorzaken van den groei, die in hoofdzaak voor alle planten gelijk zijn en die een onmisbare voorwaarde zijn voor elken groei en de *erfelijke* oorzaken, die aanleiding zijn, dat een bepaalde plantensoort zich alleen in bepaalde richting ontwikkelt. Deze laatstgenoemde zullen behandeld worden in het hoofdstuk over voortplanting en erfelijkheid, terwijl hier in dit hoofdstuk meer in het bizonder gesproken zal worden over de mechanische oorzaken.

§ 2.

Ten einde over den groei te kunnen oordeelen, moet men dezen meten; op welke wijze geschiedt dit? De allergrofste manier is natuurlijk, dat men met het bloote oog schat, hoeveel een deel van een plant in een bepaalden tijd groeit. Wanneer men nauwkeuriger te werk wil gaan, wordt de bepaling van den lengtegroei van wortels moeilijk, daar deze alleen mogelijk is door de wortels in aarde langs een glazen plaat te laten groeien, zoodat men ze kan waarnemen of door gebruik te maken van den groei in water of vochtige lucht. In de beide laatstgenoemde gevallen werkt men natuurlijk onder abnormale omstandigheden, tenzij het betreft wortels van waterplanten of luchtwortels. De groei van bladeren vindt in hoofdzaak in de vlakte plaats en de metingen worden daardoor tamelijk moeilijk. Het is dan ook begrijpelijk, dat de groote meerderheid der metingen heeft plaats gehad bij stengels en dat men ook daar zich minder bekommerd heeft om den diktegroei, die uiterst langzaam plaats heeft, maar hoofdzakelijk zijn aandacht gewijd heeft aan den lengtegroei. Deze laatste kan natuurlijk ruwweg gemeten worden met een duimstok, die langs den stengel gelegd wordt, of wanneer dit moeilijk gaat, door een wijzer bij den top van den stengel te plaatsen en dan na zekeren tijd den afstand van den top tot dien wijzer te bepalen.

Op deze wijze kan men echter alleen bij snelgroeiende planten, zooals bamboestengels, metingen doen binnen een betrekkelijk kort tijdsverloop. Wanneer men den invloed van wisselende uitwendige omstandigheden op den lengtegroei wil nagaan, is het noodzakelijk zeer dikwijls metingen uit te voeren en daarvoor kan men dan een horizontalen kijker bezigen, die langs een zeer fijn verdeelde schaal op en neer bewogen kan worden en die op den top van de plant gericht wordt of wel gebruik maken van zoogenaamde *groeimeters* of *auxanometers*, met behulp waarvan een vergroot beeld van den groei verkregen wordt. Het is niet noodig, deze toestellen hier te beschrijven; in beginsel komen zij hierop neer, dat aan den top van den groeienden stengel een draad bevestigd wordt, welke draad over een katrol loopt en aan den anderen kant door een tegenwicht gespannen wordt gehouden. Wanneer nu de stengel groeit, zal de katrol een draaiing ondergaan evenredig aan den groei; heeft men dan aan de katrol b.v. een langen

wijzer bevestigd, dan zal de top van dien wijzer de draaiing en daarmee ook den groei vergroot weergeven in een verhouding als die van de lengte van den wijzer tot de straal van de katrol. Op soortgelijke wijze kan men ook zelfregistreerende groeimeters construeeren, die een voortdurend beeld geven van de eventueele wijzigingen, die de lengtegroei ondergaat.

§ 3.

Men kan nu trachten met behulp van metingen na te gaan, hoe uitwendige omstandigheden op den groei inwerken. Zulke proeven lijken op het eerste gezicht eenvoudig genoeg; immers het schijnt, alsof het voldoende ware, alle omstandigheden onveranderd te laten en er dan een enkele te doen varieeren, om den invloed van dien laatsten factor op den groei gemakkelijk te leeren kennen. Intusschen, wanneer men zoo te werk ging — en men heeft het lang zoo gedaan — zou men grove fouten kunnen maken.

Daar het ook voor andere levensverschijnselen van belang is, dat men dit goed leert inzien, wordt er hier iets langer bij stilgestaan; tot beter begrip wordt daarbij een bepaald voorbeeld gekozen. Men denke zich eens, dat de invloed van de temperatuur op den lengtegroei wordt nagegaan. Nu is het van algemeene bekendheid, dat bij zeer lage temperatuur de groei stilstaat of zoo gering is, dat men dien niet meten kan. Laat men dan de temperatuur stijgen, dan begint ook de groei al meer en meer toe te nemen, maar nu kan het zijn, dat bij verdere stijging geen toename van den groei meer te constateeren valt. Laten wij eens aannemen, dat bij 5° C. de groei waarneembaar wordt en dat deze stijgt tot 15° C. om bij hoogere temperaturen 16°, 17°, 18°, 19° enz. op dezelfde hoogte te blijven. Wanneer men dit verschijnsel ziet, moet men zich afvragen, of het niet een gevolg daarvan is, dat een van de andere uitwendige omstandigheden als *beperkende factor* optreedt. Ook dit zal beter begrepen worden door het voorbeeld verder uit te werken. Men kan daarvoor b.v. aannemen, dat de plant tijdens de proef niet veel water kan krijgen, dat de grond zeer droog gehouden wordt. Iedereen weet, dat de groei door watergebrek vertraagd kan worden; nu bestaat de mogelijkheid, dat de hoeveelheid beschikbaar water voldoende is om den groei mogelijk te maken tot

temperaturen van 15°, maar ook niet meer. Laat men de temperatuur nu stijgen tot 16°, dan zou deze hoogere temperatuur op zichzelf wel een sterkeren groei teweeg kunnen brengen, maar er is niet genoeg water voor, bij 15° was het hoogste punt bereikt, dat met de aanwezige hoeveelheid water bereikt kon worden.

Men kan deze feiten gemakkelijk in een grafische voorstelling brengen op de wijze als in de nevenstaande figuur 33. Er is daar gebruik gemaakt van twee onderling loodrechte assen. Op de X-as (abscissen-as) worden uitgezet de temperaturen, terwijl de loodlijnen daarop (de ordinaten) de grootte van den groei bij die bepaalde temperatuur aangeven. Vereenigt men de toppen van die ordinaten door een lijn, dan zal deze aangeven de afhankelijkheid van den lengtegroei van de temperatuur. In het als voorbeeld gekozen geval zal men dus een lijn krijgen, die bij 5° bij de X-as begint en die dan stijgt tot het punt A, dat bij 15° gelegen is, om vervolgens evenwijdig aan de X-as verder te verloopen, zooals de gestippelde lijn aangeeft. Laat men de hoeveelheid water een weinig toenemen, dan is het mogelijk, dat de lijn blijft stijgen tot B bij 20°, om daarna horizontaal te gaan loopen en zoo laat zich het geval denken, dat de hoeveelheid water pas bij 25° als beperkende factor gaat werken en dus pas bij C het stijgende verloop van de lijn verandert.

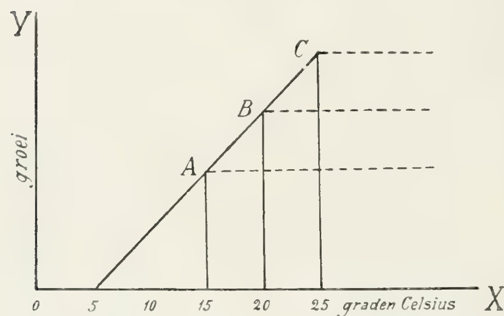


Fig. 33. Schema ter illustratie van de theorie der beperkende factoren (verklaring in den tekst).

Meer algemeen kan men van alle mogelijke levensomstandigheden zeggen, dat deze beheerscht worden door tal van factoren en dat, wanneer men den invloed van een van deze afzonderlijk wil onderzoeken, zorg gedragen moet worden, dat niet een van de andere als beperkende factor gaat optreden, doordat die in *minimum* aanwezig is. Die zoogenaamde wet van het minimum was reeds lang bekend voor

de voedingsstoffen, die de planten met hun wortels opnemen, maar pas in den laatsten tijd heeft deze wet een meer algemeene toepassing gevonden. Het is vooral voor planters van belang hun aandacht hierop te vestigen, wanneer zij trachten de gunstigste voorwaarden te vinden voor de ontwikkeling van hun gewassen. Waarnemingen, met het oog daarop gedaan, vinden op deze wijze dikwijls eene zeer gemakkelijke verklaring, terwijl zij anders onverklaarbaar lijken.

Met opzet werd het hierboven genoemde voorbeeld gekozen, omdat daaromtrent juist waarnemingen in de tropen bestaan. Het betreft onderzoekingen over den invloed van de temperatuur en den vochtigheidstoestand op den groei vooral van bamboestengels, op

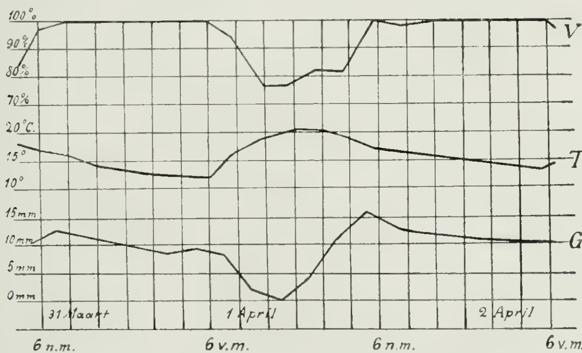


Fig. 34. Groei van een bamboestengel gedurende 2 nachten en één dag met de daarbij waargenomen temperatuur en vochtigheidstoestand.

Ceylon. Het zou niet aangaan met het oog op de beschikbare ruimte, er hier uitvoerig over te spreken. Het verdient alleen vermelding, dat er streken op Ceylon zijn, waar des nachts de temperatuur vrij laag is en de vochtigheidstoestand van de atmosfeer hoog, daar is dan de temperatuur de beperkende factor van den groei. Overdag is daarentegen de vochtigheidstoestand van de atmosfeer veel geringer, de temperatuur daarentegen hoog en in overeenstemming hiermee werkt dan de vochtigheidstoestand als beperkende factor. Het hierbijgaande diagram (figuur 34) laat zich op deze wijze gemakkelijk verklaren. Op de X-as zijn de opvolgende uren van waarneming aangegeven, terwijl als ordinaten de vochtigheidstoestand van de atmosfeer, de

luchttemperatuur en de groei van den bamboestengel zijn gebruikt. De toppen van die ordinaten zijn vereenigd tot lijnen V voor den vochtigheidstoestand, T voor de temperatuur en G voor den groei Het zal opvallen, dat gedurende den dag de lijnen G en V een overeenkomstig verloop hebben, terwijl dit in den nacht gezegd kan worden van de lijnen G en T, ofschoon het laatste niet zoo bizonder in het oog valt, omdat de temperatuur vrij geregeld en langzaam daalt.

§ 4.

Wanneer thans de uitwendige factoren nog eens ieder afzonderlijk beschouwd worden, dan valt er over de vochtigheid niet veel meer te zeggen, dan dat de groei toeneemt bij toenemende hoeveelheden water, die ter beschikking van de plant staan, maar dat men daarbij in het oog moet houden, dat wortels, die geheel in water staan, bij de meeste planten niet genoeg zuurstof kunnen krijgen, ten gevolge waarvan die planten schade lijden; een uitzondering op dezen regel vormt o.a. de rijst.

Zooals reeds gezegd werd, vindt bij lage temperatuur geen groei plaats, of beter gezegd deze is zoo gering, dat metingen moeilijk worden. Daarentegen wordt een duidelijke groei zichtbaar bij enkele graden Celsius boven het vriespunt, bij tropische planten zelfs bij nog iets hoogere temperatuur. Uit het bovenstaande volgt reeds, dat een scherpe bepaling van dit *minimum* van den groei onmogelijk is. Uit waarnemingen van den laatsten tijd blijkt, dat de versnelling van den groei bij hoogere temperatuur in overeenstemming is met hetgeen bij andere levensverschijnselen wordt waargenomen, d.w.z. dat men hier te doen heeft met de gewone versnelling van scheikundige processen door hoogere temperatuur, zoodat ook hier de regel geldt, dat voor elke 10° C. temperatuursverhooging de groeisnelheid 2 – 3 maal toeneemt.

Wordt de temperatuur nu echter te hoog, dan begint een schadelijke invloed merkbaar te worden en die schadelijke invloed zal des te sterker zijn, naar mate de temperatuur hooger is en naarmate die hoogere temperatuur langer heeft ingewerkt. Het gevolg daarvan zal zijn, dat wanneer men den groei grafisch voorstelt door een kromme (zie fig. 35) waarbij op de X-as de temperatuur en op Y-as de daarmee overeen-

komende groeisnelheid wordt aangegeven, deze kromme maar tot een zeker punt toe stijgen zal, en daarna een dalend verloop krijgt; de temperatuur van dit punt heet *optimum*. Het is echter wel duidelijk, dat de plaats van dit optimum (meestal ongeveer 30° C.) afhankelijk zal zijn van den tijd, gedurende welken de hoogere temperatuur heeft ingewerkt. Is deze tijd zeer lang, dan zal het optimum lager gevonden worden dan bij waarnemingen, waarbij de schadelijke temperatuur kort ingewerkt heeft. Eindelijk is bij zeer hooge temperatuur de schadelijke invloed zoo groot, dat de groei niet meer waarneembaar wordt; dit punt, dat niet nauwkeurig te bepalen is, wordt *maximum* genoemd. Als voorbeeld geef ik hier een paar cijfers waarbij met de boven aangegeven beschouwingen omtrent den tijd van inwerking echter geen rekening gehouden is: voor kiemplantjes van tarwe werd het minimum gevonden bij 5.0° C., het optimum bij 28,7°, het maximum bij 42,5°, voor kiemplaatjes van maïs bedroegen deze cijfers respectievelijk 9,5°, 33,7° en 46,2° C.

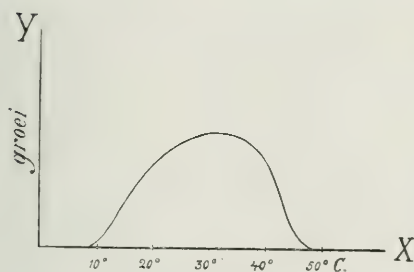


Fig. 35. Schema van den invloed van de temperatuur op den groei.

Temperaturen, die naderen tot 50° C. of die hooger zijn, werken op de meeste planten doodelijk in. Het schijnt, dat daarbij het vochtgehalte een belangrijke rol speelt; naarmate de plant minder water bevat, ligt die temperatuurgrens van het leven hooger. Extreme gevallen zijn in dat opzicht de sporen van sommige schimmels en bacteriën, die in drogen toestand verwarming tot op 130° en 140° C. gedurende korten tijd verdragen. Ook sommige zaden, mits deze *volkomen* droog zijn, kan men tot boven 100° C. verwarmen zonder dat zij hun kiemvermogen verliezen; trouwens ook de lage temperatuur van vloeibare waterstof wordt door deze droge zaden en sporen verdragen.

Planten, die aan de volle intensiteit van de tropische zonnestralen zijn blootgesteld, worden wel sterk verwarmd, maar toch nooit zooveel, dat hun temperatuur boven de temperatuurgrens van het leven komt, een gevolg vooral van het warmteverlies door verdamping. Deelen, die weinig verdampen, zooals de vleezige stengels der Cactaceae of

de bladeren der Agave's en Aloe's worden in de zon dan ook gewoonlijk het warmst.

Ook het licht heeft invloed op den lentegroei. Men moet daarbij onderscheid maken tusschen den invloed van een geringe hoeveelheid licht en dien van groote lichthoeveelheden. De eerste kan een tijdelijke groeiversnelling geven, maar hieromtrent zijn nog slechts enkele gegevens in den laatsten tijd verkregen. Veel meer onderzocht is de vertragende invloed, dien groote lichthoeveelheden dikwijls op den lengtegroei uitoefenen. Zulk een invloed doet zich dikwijls pas langzamerhand gelden, kan dus somtijds tot uiting komen, terwijl de plant zich reeds weer in het donker bevindt. Wanneer men zich dus afvraagt, wat de invloed van dag en nacht op den lengtegroei is, begrijpt men, dat men met een zeer samengesteld vraagstuk te doen heeft, omdat toch niet alleen het licht maar ook andere factoren over dag en 's nachts verschillend zijn. Ten gevolge daarvan zal men dus in sommige gevallen *kunnen* waarnemen een dagelijksche periode van den groei met een maximum tegen het einde van den nacht en een minimum tegen het einde van den dag, maar in andere gevallen is het zeker niet zoo.

Het is bekend, dat het witte zonlicht uit een groot aantal verschillende lichtsoorten bestaat, die men in het spectrum afzonderlijk kan onderzoeken. Het is nu gebleken, dat die verschillende lichtstralen niet in gelijke mate op den groei inwerken; het sterkste is die invloed bij de blauwe en violette stralen, onmerkbaar daarentegen bij de roode en oranje, die dus in dat opzicht als duisternis werken.

§ 5.

Wanneer men groene planten in voortdurende duisternis wil laten groeien, gelukt deze proef in de meeste gevallen niet, omdat, zooals hieronder nog nader uiteengezet zal worden, het licht noodig is voor de voeding. Maar het gelukt wel, wanneer men daarvoor kiest planten, die in een van hun deelen een voedselreserve gemaakt hebben, waarop zij een tijd lang kunnen teren, dus b.v. kiemplantjes, zoolang het voedsel uit het zaad niet gebruikt is, of planten met bollen, knollen of wortelstokken.

Bijna iedereen heeft daarvan wel eens een voorbeeld gezien, o. a. bij het uitloopen van aardappelen in donkere ruimten. Het is bekend, dat deze dan evenals de meeste andere hoogere planten

onder die omstandigheden, niet groen zien, maar een bleekgele tint vertoonen; bovendien worden de stengels zeer lang ten gevolge van het sterk uitgroeien der leden, terwijl de bladeren klein en onontwikkeld blijven. Men noemt het verschijnsel *etiolement* en het is wel duidelijk, dat daarbij niet alleen de lengtegroei gewijzigd is, maar dat ook de vorm der deelen veranderingen heeft ondergaan; vooral de bladeren laten dit duidelijk zien. Wanneer men den inwendigen bouw onderzoekt, dan neemt men waar, dat ook deze anders is dan bij niet geëtioleerde planten. Men spreekt hier van een *formatieven* of *vormenden* invloed van het licht, dien men weliswaar niet verklaren kan, maar die toch duidelijk verschillend is van den mechanischen, die boven besproken werd.

Allerlei uitwendige omstandigheden kunnen zoo invloed uitoefenen op vorm en bouw van de plantenorganen en hoe duister het onderwerp ook nog moge zijn, het is voor den planter van belang, dat er even de aandacht op gevestigd wordt. Zoo kan een wond een vormenden invloed hebben: bij verwonding sterft natuurlijk het direct aan de wond grenzende weefsel af, maar daaronder kan ten gevolge van de verwonding groei beginnen in weefsels, die reeds volwassen waren. Somtijds ontstaat dan *wondkurk*, die de wond van de buitenlucht afsluit, of er vormt zich een zeer los witachtig weefsel, dat met den naam *callus* bestempeld wordt; hierin kunnen knoppen ontstaan en ten slotte kan er zich ook een beschuttende kurklaag in ontwikkelen.

Er zijn verder tamelijk veel gevallen bekend geworden, waarin parasieten zulk een vormenden invloed uitoefenen op het weefsel, waarin zij parasiteeren. Dit wordt ten gevolge daarvan er toe gebracht een sterk gewijzigden groei te vertoonen. Somtijds zien de zoo ontstane groeivormen er zeer afwijkend uit, het worden gezwellen of *gallen*, zooals die onder den invloed van zich ontwikkelende insecten of van schimmels kunnen ontstaan. Als voorbeeld van laatstgenoemde worden hier vermeld de brandziekten van sommige gewassen, zooals maïs, rijst en suikerriet of de afwijkende groeivormen, die bij de cacao optreden onder den invloed van een schimmel (Marasmius perniciosus) en die bekend zijn onder de namen van krulloten, versteende vruchten en sterbloemen.

Bizondere vermelding verdienen ook die gevallen, waar het eene deel van een plant invloed uitoefent op de al of niet ontwikkeling van

andere deelen. Om lange omschrijvingen te voorkomen duidt men deze verschijnselen met een woord aan, zonder dat men hiermede een verklaring bedoelt; men spreekt nl. van *correlatie*. Een paar voorbeelden zullen het gezegde nader verduidelijken: Iedereen weet, dat tal van zijknoppen, die in de oksels van de bladeren werden aangelegd, onder normale omstandigheden niet tot bebladerde stengels uitgroeien. Wanneer men nu echter van zulk een tak den eindknop wegsnijdt, ziet men, dat een of meer van die zijknoppen wel gaan uitloopen. Het is een bekend verschijnsel bij het toppen van boomen of bij suikerriet, waarvan de eindknop door boorders vernietigd is. Zeer gemakkelijk waar te nemen is het ook bij de Castilloa, waar gewoonlijk eerst afvallende takken gevormd worden, terwijl de blijvende vertakking en daarmede de kroonvorming pas ontstaat, nadat de boom een aanzienlijke hoogte heeft bereikt. Nu heeft elke beschadiging van den eindknop tot gevolg, dat zich reeds veel vroeger blijvende takken gaan vormen. Nog een voorbeeld levert het wonderblad (Bryophyllum calycinum), een plant, die aan de bewoners van tal van tropische gewesten bekend kan zijn. Wordt hiervan een blad afgesneden en droog neergelegd, dan loopen knoppen, die aan den rand van het blad voorkomen, tot kleine bewortelde plantjes uit, iets wat zij niet doen, zoolang het blad nog in verbinding is met de moederplant, tenzij men die verbinding op de een of andere wijze beschadigd heeft.

In aansluiting hieraan moet ook met een paar woorden gewezen worden op een raadselachtig verschijnsel, dat met den naam *polariteit* bestempeld wordt. Wanneer een tak van een wilg afgesneden wordt en in een glazen vat wordt opgehangen, zoodanig dat de tak zich bevindt in een ruimte, die met waterdamp verzadigd is, dan ziet men, dat aan het ondereinde wortels uitloopen, terwijl bovenaan zich knoppen gaan ontwikkelen tot bebladerde spruiten. Hangt men zulk een tak omgekeerd op, dan ontwikkelen de wortels zich aan den kant, die nu naar boven toe gekeerd is, dus eveneens aan het organische ondereinde, de knoppen ontspruiten ook nu aan het organische boveneinde, al is dit naar beneden toe gericht. Er bestaat dus een onderscheid tusschen top en basis en wel niet alleen bij de geheele plant, maar ook bij stukken daarvan; het gedeelte, dat oorspronkelijk basaal lag, gedraagt zich anders dan het tegenovergestelde uiteinde. Een ander voorbeeld van die polariteit is het verschijnsel, dat men waarneemt,

wanneer men een stuk uit een plant uitsnijdt en dit er later weer inzet; wanneer het stuk er recht in zit, dus in dezelfde positie, die het voor het wegsnijden in de intacte plant had, vindt gemakkelijk vergroeiing plaats, daarentegen niet, wanneer het stuk er omgekeerd in zit, dus wanneer het organisch basale deel van het uitgesneden stuk naar boven toe gekeerd wordt. Het zijn proeven, die o.a. goed gelukken met suikerbieten. Bij sommige lagere planten, b.v. wieren, hebben uitwendige omstandigheden invloed op de vorming van top en basis, daarentegen kan de polariteit bij hoogere planten, voor zoover men op het oogenblik weet, niet meer gewijzigd worden.

Hetgeen in deze § besproken werd, is voor den planter in zooverre van belang, als er uit blijkt, dat men invloed kan uitoefenen op den vorm van een plant. Zoo kan men b.v. door bepaalde deelen weg te snijden (snoeien) knoppen, die anders rustend gebleven zouden zijn, zich laten ontplooien; vooral wanneer zulke knoppen bloem- en vruchtdragend zijn, kan op deze wijze invloed op den oogst worden uitgeoefend.

§ 6.

Tot nu toe werd alleen gesproken over den totalen groei, maar de vraag moet thans behandeld worden, hoe die groei verdeeld is over stengel en wortel. M.a.w. groeit de geheele stengel en wortel of slechts een deel daarvan? De vraag is gemakkelijk te beantwoorden, wanneer men op de wijze als in figuur 36 is aangegeven, merken met O.I. inkt maakt op stengel en wortel op onderling gelijke afstanden en dan na een zeker tijdsverloop den afstand van die merken weer meet. Het best onderzocht zijn in dat opzicht de wortels, daarom worden deze ook het eerst besproken, waarbij de wijze, waarop de proeven genomen werden, buiten behandeling kan blijven.

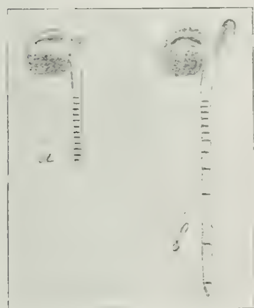


Fig. 36.
Verdeeling van den groei over een wortel, *a*. begin van de proef; *b*. 24 uur later.

Ten einde geen misverstand te doen ontstaan, is het wellicht goed, voorop te stellen, dat men het gedeelte van den wortel, dat aan den stengel grenst, de basis noemt en het tegenovergestelde vrije deel dus den top.

Al dadelijk kan dan worden vastgesteld, dat de basis het eerst volwassen is; bij aardwortels groeit alleen maar een stuk van den top, dat hoogstens 15 mm. lang is, bij lange snelgroeiende luchtwortels kan het veel meer zijn.

Het groeiende deel groeit daarbij niet overal even sterk, zooals uit de volgende tabel blijkt. Deze heeft betrekking op een wortel van een tuinboon, dle verdeeld was in zônes van 1 mm. lengte, waarbij zône No. 1 aan den top lag, No. 11 dus naar de basis gekeerd. De cijfers van de tabel geven de verlenging van elke zône in mm. in een tijdsruimte van 24 uur aan:

zônes:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
groei:	1,5	5,8	**8,2**	3,5	1,6	1,3	0,5	0,3	0,2	0,1	0,0

Men ziet, dat vlak bij den top de groei gering is, om dan snel tot een maximum te rijzen en vervolgens naar de basis toe tot 0 te dalen.

Bij stengels *kan* de lengtegroei op dezelfde wijze plaats hebben als bij de wortels, alleen met dit onderscheid, dat het groeiende deel veel langer is; als voorbeeld geef ik hier de volgende cijfers, die betrekking hebben op een stengel van een pronkboon. De zônes waren oorspronkelijk 3,5 mm. lang, zône 1 ligt bij den stengeltop; de groei is aangegeven in mm. na 40 uur:

zônes:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
groei:	2,0	2,5	4,5	**6,5**	5,5	3,0	1,8	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,0

Dus ook hier bevindt zich de zône van den sterksten groei op eenigen afstand van den top — en wel verder van daar verwijderd dan bij de wortels — terwijl aan weerskanten daarvan een mindere groei te constateeren valt, die naar de basis toe zelfs geheel nul wordt.

Deze wijze van stengelgroei wordt aangetroffen in die gevallen waarin de stengelleden niet scherp gescheiden zijn, omdat de knoopen niet zeer duidelijk zijn of ten minste niet rondom den heelen stengel heenloopen. Daartegenover staan nu de gevallen met volkomen knoopen, zooals bij de koffie, waar elk stengellid veel meer op zichzelf staat. In het meest extreme van die gevallen groeit er slechts een enkel stengellid, waaraan dan ook weer een zône van sterksten groei valt waar te nemen, maar meestal zijn er verschillende groeiende leden, die ieder een zône van maximalen groei vertoonen, terwijl de groei

aan de knoopen nagenoeg nul is. De groei van de opvolgende stengelleden neemt van den top van den stengel af eerst toe en daarna weer af.

De ruimte laat niet toe, hier over den stengelgroei meer in bizonderheden te treden, alleen lijkt het gewenscht nog een paar woorden te verklaren, die dikwijls gebruikt worden, wanneer men over groei handelt. Daar waar de top van een deel het sterkste groeit, spreekt men van topgroei of *apicalen* groei: is het de basis, die omgekeerd het sterkste groeit, zooals bij sommige bladeren voorkomt, dan wordt het woord *basale* groei gebezigd; blijft er in een stengellid een groeiende zône tusschen reeds volwassen weefsel over, dan gebruikt men den term *intercalaire* groei.

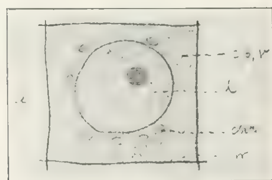
Na behandeling van het bovenstaande kan ook het begrip groeisnelheid kort behandeld worden. Men is lang gewoon geweest de verlenging van een plantendeel in de minuut groeisnelheid te noemen. Bepaalt men de grootte hiervan, dan blijkt deze meestal minder te bedragen dan 0,005 m.M., in enkele gevallen echter veel grooter te zijn, zooals bij bamboespruiten tot 0,6 m.M., bij meeldraden van grassen zelfs nog meer, zooals bij die van de tarwe tot 1,8 m.M. Maar het is wel duidelijk, dat men een juister beeld van de groeisnelheid verkrijgt, wanneer men ook de lengte van de groeiende zône in aanmerking neemt; groeisnelheid wordt dan de verlenging in procenten van de groeiende zône per minuut. Men vindt hiervoor de volgende cijfers: bamboespruiten 1,27 %, meeldraden van grassen 60 %, sommige schimmeldraden echter nog meer 80 — 120 % en eindelijk voor de stuifmeelbuizen van Balsamine's zelfs 220 %.

§ 7.

Ten einde een denkbeeld te krijgen van de wijze, waarop de groei tot stand komt, zal het goed zijn het plantenweefsel iets meer in bizonderheden te beschouwen. Dikwijls reeds met het bloote oog, maar in elk geval bij gebruik van het mikroskoop, valt te constateeren, dat elk plantendeel opgebouwd is uit kleine vakjes, die *cellen* genoemd worden en die gewoonlijk van elkaar gescheiden zijn door tusschenschotten, *celwanden* geheeten. In de cel bevindt zich een halfvloeibare massa, waarvan de consistentie eenigszins vergelijkbaar is met die van dunne gelatine — dus evenals deze colloidaal van aard is en het

beste als een sol aangeduid wordt — en die den naam draagt van *protoplast*. Na den dood verandert de consistentie en de massa, waaruit de protoplast is opgebouwd, het *protoplasma* wordt bros en ondoorschijnend.

Onderzoekt men een cel in zeer jongen toestand, zooals er een is afgebeeld in figuur 37 a, dus liggende bij den top van een stengel of wortel, dan ziet men in verhouding tot de grootte veel protoplasma, daarin ligt een groot lichaam, dat zich duidelijk van het overige onderscheidt, de *celkern* (*k*); in tegenstelling met de kern wordt het verdere deel van het protoplasma onderscheiden met den naam *cytoplasma* (*cp*). Hierin vindt men verschillende kleine korrels liggen, de *kleurstofdragers* of *chromatophoren* (*chr*), die op den leeftijd bij a weergegeven kleurloos zijn, maar later dikwijls kleurstof zullen bevatten, b.v. in den toestand b. Verder komen er in het protoplasma een groot aantal blaasjes voor met een waterachtig vocht gevuld, de *vacuolen* (*v*) — in zeer jongen toestand ook wel eens *alveolen* genaamd. — Later zooals in b vloeien deze vacuolen ineen tot grootere blazen. De laag van het protoplasma, die de vacuole omgeeft en die zoo dun is, dat men er in de figuur niets van waarneemt, heet *vacuolewand*, de laag, die het protoplasma aan den buitenkant omgeeft en die dus hier tegen den celwand aanligt, draagt den naam *buitenlaag*.



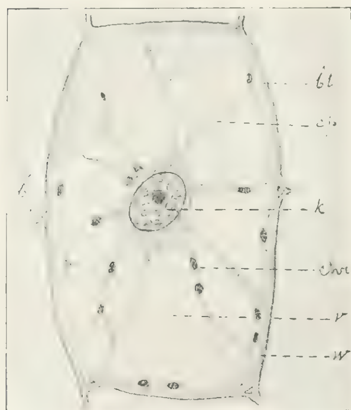


Fig. 37.
Zeer jonge (*a*), en iets oudere cel (*b*); *w*. celwand; *bl*. buitenlaag; *cp*. cytoplasma; *chr*. kleurstofdragers (chromatophoren); *v*. vacuolen; *k*. kern.

Nieuwe cellen vormen zich door deeling van de reeds aanwezige, waarbij gewoonlijk eerst de celkern zich in tweeën deelt en daarna tusschen deze twee een nieuwe celwand ontstaat. Die deeling vindt uitsluitend plaats aan de toppen van stengels en wortels en op enkele

nog nader te bespreken plaatsen, die men alle met den naam *meristeem* bestempelt.

Onderzoekt men een worteltop op een overlangsche doorsnede (figuur 38), dan vindt men dat deze omgeven is door een wortelmutsje (*wm*) en dat daaronder het eigenlijke meristeem gelegen is in het zoogenaamde groeipunt (*ms*). Op een zekeren afstand van dat groeipunt vinden geen celdeelingen meer plaats, maar elke cel neemt nog wel op een nader te bespreken wijze in grootte toe. Zijwortels (*zw.*) ontstaan op een aanzienlijken afstand van den worteltop; er wordt dan binnen in den wortel een nieuw groeipunt gevormd, dat tot een zijwortel uitgroeit, die dus door het peripherische weefsel van de moederwortel heen moet breken. De jongste zijwortels worden het dichtst bij den top gevonden, oudere op verderen afstand daarvan verwijderd.



Fig. 38.
Overlangsche doorsnede door een worteltop (schematisch). *wm*, wortelmutje; *ms.* meristeem; *zw.* zijwortel.

Het groeipunt van den stengel is niet omgeven door een kapje, maar wordt dikwijls beschermd door jonge bladeren en knopschubben, waardoor in vele gevallen een duidelijke knop gevormd wordt, in de tropen echter veel minder dan bij de planten uit koudere klimaten. Op een overlangsche doorsnede (fig. 39) blijkt, dat de bladeren ontstaan als oppervlakkige aanzwellingen (*bl*) dicht bij den top van het groeipunt; hoe verder men zich vandaar verwijdert des te grooter

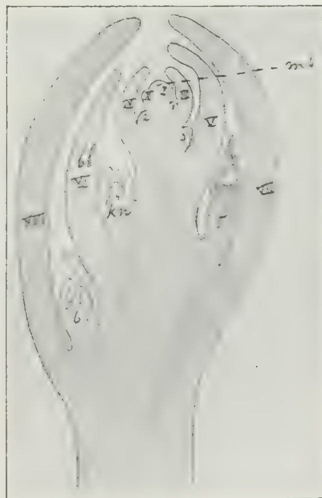


Fig. 39.
Overlangsche doorsnede door een stengeltop (eenigszins schematisch) *ms.* meristeem. De bladeren (*bl*) zijn genummerd van *I—VIII.* de zijknoppen (*kn.*) van 1—6.

worden zij. Zijknoppen (*kn*) worden al spoedig eveneens oppervlakkig aangelegd in de oksels der bladeren en elk van die zijknoppen begint weer met een nieuw groeipunt, dat meestal een herhaling vertoont van de bizonderheden van het groeipunt van den hoofdstengel. Alleen de stand van de bladeren is bij de zijknoppen somtijds anders dan bij de hoofdas.

In de groeipunten en in de nabijheid daarvan ontstaan dus nieuwe cellen door deeling, waarmee echter slechts een zeer geringe toename van het volume gepaard gaat. Pas nadat de celdeelingen opgehouden hebben, vindt een sterke lengtegroei plaats door een verschijnsel, dat men bestempelt met den naam van *celstrekking*.

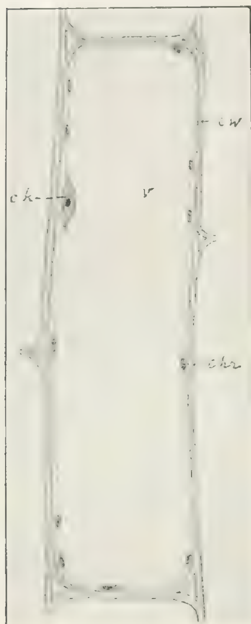


Fig. 40.
Volwassen cel met wandstandig protoplasma en centrale vacuole (*v.*); *cw.* celwand; *chr.* chromatophoren; *ck.* celkern.

§ 8.

Om de celstrekking te begrijpen, moet nagegaan worden, welke veranderingen een cel ondergaat, die uit den meristematischen in den volwassen toestand overgaat. Men vergelijke daarvoor fig. 37 *a* en *b* met de volwassen cel van figuur 40. De celkern neemt daarbij niet in volume toe en ook de hoeveelheid protoplasma ondergaat geen zeer groote veranderingen; daarentegen ziet men de vacuolen meer en meer ineenvloeien, terwijl de inhoud ervan, het *celvocht*, toeneemt. Dit kan ten slotte zoover gaan, dat het centrum van de cel door een enkele groote vacuole wordt ingenomen, terwijl het protoplasma overal als een dunne laag tegen den celwand aanligt, zooals men zegt, *wandstandig* is geworden.

Het celvocht bestaat in hoofdzaak uit water, maar bevat een zekere hoeveelheid opgeloste stoffen, niet altijd dezelfde. Toch kan wel gezegd worden, dat een deel daarvan steeds suikers zijn, vooral glucose en dat daarnaast kalium- en magnesiumzouten van organische

zuren worden gevonden, vooral van appelzuur, barnsteenzuur, wijnsteenzuur en citroenzuur. Ook anorganische zouten kunnen aanwezig zijn, b.v. bij zeestrandplanten veel chloriden, bij de tabak nitraten.

Dat deze stoffen binnen het celvocht blijven, is het gevolg van een bizondere eigenschap van het levende protoplasma, dat water zeer gemakkelijk laat diffundeeren, tal van opgeloste stoffen daarentegen zeer moeilijk. Bij den dood, hoe die ook intreedt, verandert deze eigenschap en alle opgeloste stoffen worden dan even gemakkelijk doorgelaten als water. De celwand komt te allen tijde geheel overeen met het doode protoplasma, wat de doorlaatbaarheid voor water en opgeloste stoffen betreft. Het zal wel duidelijk zijn, dat uit het bovenstaande volgt, dat bij toepassing van het diffusieprocédé bij het suikerriet de suiker alleen dan naar buiten kan diffundeeren, wanneer het protoplasma der cellen gedood is; men bereikt dit door verwarming in de diffuseurs op een temperatuur, die boven de temperatuurgrens van het leven ligt.

§ 9.

Het mag als bekend verondersteld worden, dat stoffen in verdunde oplossingen een zekeren druk kunnen uitoefenen, dien men den naam van osmotischen druk geeft en dat de grootte van dien druk afhankelijk is van het aantal moleculen in de oplossing aanwezig, of, wanneer men te doen heeft met stoffen, die electrolytisch gedissocieerd zijn, met het aantal vrije ionen in de oplossing voorkomend. Zoo zal dus ook het celvocht van de levende cel een bepaalden osmotischen druk bezitten (in de veronderstelling, dat voldoende water van buiten kon worden opgenomen) en het zal daardoor den celwand trachten uit te rekken. De celwand zal op die wijze elastisch gespannen worden en die spanning draagt den naam van *turgor*. De turgor komt dus tot stand door het tegen elkaar inwerken van den osmotischen druk van het celvocht en van de elastische spanning van den celwand.

Daardoor krijgt nu niet alleen iedere afzonderlijke cel, maar ook het geheele deel uit die cellen samengesteld een zekere stijfheid, die bij opheffing van den turgor verdwijnt. Zulke *turgescente* deelen worden dus slap, wanneer men ze even in kokend water houdt, omdat

dan bij het dooden van het protoplasma noodzakelijkerwijze ook de turgor opgeheven wordt.

Het is bekend genoeg, dat volstrekt niet alle plantendeelen bij den dood slap worden, men denke maar eens aan houtige deelen, leerachtige bladeren, enz. In die gevallen is de stevigheid van het geheel niet toe te schrijven aan den turgor der afzonderlijke cellen, maar aan de aanwezigheid van zoogenaamde mechanische weefsels, meestal bestaande uit langgerekte zeer dikwandige, min of meer spoelvormige cellen, *vezels* genaamd, die in hun volwassen toestand geen levenden inhoud meer bezitten.

De turgor kan ook opgeheven worden door sterke wateronttrekking; men kan dit tot stand brengen door het plantendeel te leggen in een oplossing, die een sterkeren osmotischen druk bezit dan het celvocht, waarop dan hieraan water onttrokken wordt, zoolang tot dat de osmotische druk binnen en buiten even groot is. De hoeveelheid celvocht wordt dus kleiner en het weeke protoplasma zal gemakkelijk zich mee samentrekken, de celwand daarentegen meestal niet, tenzij die sterk uitgerekt was. Het gevolg is in fig. 41 te zien; de protoplast heeft zich losgemaakt van den celwand, ligt daarbinnen als een blaas, waarmee natuurlijk tevens de spanning val den celwand verdwenen is; het verschijnsel wordt bestempeld met den naam *plasmolyse*. In de natuur kan men iets dergelijks opmerken, wanneer planten ten gevolge van groot waterverlies hun bladeren en jonge deelen slap laten neerhangen; vooral in de tropen kan men dit verschijnsel tegen het einde van zonnige dagen dikwijls waarnemen.



Fig. 41.
Plasmolyse. De protoplast (*p*) heeft zich losgemaakt van den celwand (*cw*); *ck*. celkern; *chr*. chromatophoren; *v*. vacuole.

De grootte van den turgor kan o.a. bepaald worden met behulp van de plasmolytische methode; men onderzoekt b.v. met salpeteroplossingen van bepaalde sterkte, welke nog juist wel en welke geen plasmolyse teweeg brengt. Daartusschen ligt dan de concentratie, die een juist even grooten osmotischen druk uitoefent als het celvocht,

daarmee *isosmotisch* is, of *isotonisch*. Nu kent men den osmotischen druk van salpeteroplossingen van bepaalde sterkte uitgedrukt in atmosferen; men is dus ook in staat, den turgor uit te drukken in diezelfde maat.

Vraagt men zich nu af, wat het resultaat van die bepalingen geweest is, dan blijkt, dat de turgor in verschillende deelen nogal uiteenloopende waarden kan bezitten, somtijds 4 tot 5 atmosferen, maar dikwijls ook meer, in bladeren b.v. 20 tot 50 atmosferen. In den laatsten tijd heeft men in het algemeen vrij hooge waarden gevonden, die tot 50 en zelfs 100 atmosferen kunnen oploopen en dat wel niet alleen bij woestijnplanten, maar ook bij gewassen in meer normale omstandigheden levend. Men krijgt hierdoor wel een denkbeeld van de geweldige krachten, die in het plantenleven werkzaam kunnen zijn.

De turgor heeft grooten invloed op den lengtegroei. Alleen wanneer een cel door den turgor gerekt is, kan de celwand groeien. Men kan het zich eenigszins zoo voorstellen, alsof de jonge celwanden, die zeer rekbaar zijn, door den turgor gerekt worden, dat ten gevolge hiervan de mogelijkheid bestaat voor het afzetten van nieuwe celwanddeeltjes in den wand, waardoor de bestaande rekking door groei gefixeerd wordt.

Het wordt nu ook begrijpelijk, dat wanneer men planten met hun wortels in oplossingen plaatst, de concentratie van die oplossingen van invloed is op den groei; hoe geconcentreerder de oplossing, des te geringer de groei. Daarbij moet echter opgemerkt worden, dat planten in staat zijn zich te adapteeren aan de oplossing, waarin zij gekweekt worden. In een geconcentreerde oplossing wordt ten gevolge daarvan de osmotische druk van het celvocht allengs grooter; de belemmering van den groei wordt dus langzamerhand geringer en zal ten slotte in het geheel niet meer tot uiting komen. Bovendien mag nooit vergeten worden, dat bij den turgor twee factoren in het spel komen: de osmotische druk van het celvocht en de rekbaarheid van den celwand. Het schijnt, dat deze rekbaarheid veranderingen kan ondergaan, waarmee dan natuurlijk ook de lengtegroei zich wijzigt. Die verandering zou geschieden door middel van stoffen, die door het protoplasma worden afgescheiden en die den celwand min of meer week maken; de rekbaarheid zou daardoor toenemen, de elastische spanning daarentegen een vermindering ondergaan.

§ 10.

Tot nu toe werd uitsluitend gesproken over den lengtegroei; in vele gevallen echter ziet men, dat later stengels en wortels een verdikking ondergaan. Over dezen zoogenaamden *secundairen diktegroei* zal hier nog kort gehandeld worden.

Bij Eenzaadlobbige planten verkrijgt de stengel op het oogenblik, waarop die aangelegd wordt, dadelijk zijn definitieve dikte, onverschillig of zulk een stengel kruidachtig is en dus een kortstondig bestaan heeft, zooals bij het suikerriet of de rijst, dan wel of men te doen heeft met meer houtige stengels, die jaren kunnen leven, zooals bij bamboe en palmen. Bij sommige palmen en enkele andere Eenzaadlobbigen komt wel een latere diktegroei voor, maar deze is voor den planter van weinig belang en wijkt daarbij zoo sterk af van hetgeen bij de Tweezaadlobbigen gevonden wordt, dat het beter is die hier buiten bespreking te laten.

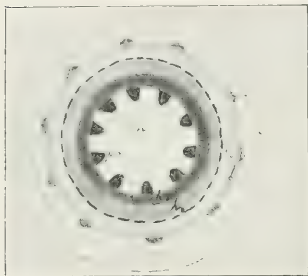


Fig. 42.

Diktegroei van een Tweezaadlobbige plant (schema). De gestippelde lijn stelt het cambium voor. *S.* schors; *pb.* primaire bast; *ph.* primair hout; *m.* merg; b_1 en b_2 jaarringen van den bast; h_1 en h_2 jaarringen van het hout.

Wortels van Eenzaadlobbigen groeien, nadat zij eenmaal ontstaan zijn, ook niet meer in de dikte; daarmee hangt samen, dat hun levensduur gewoonlijk vrij beperkt is, terwijl in elk geval het peripherische weefsel, de schors, spoedig afsterft. Daar de oudere wortels bij deze planten dus dikwijls te gronde gaan, worden zij vervangen door jongere, die uit den voet van den stengel ontspruiten; iedereen kan deze gemakkelijk waarnemen bij het suikerriet, de palmen, enz.

Bij Tweezaadlobbige planten en ook bij de Naaktzadigen groeit een stengel en ook een wortel nog langen tijd na zijn ontstaan in de dikte; dit geschiedt door een meristeem, dat op zekeren afstand van de oppervlakte van den stengel (of wortel) gevonden wordt en dat den naam draagt van *cambium* (men zie hiervoor de doorsnede in figuur 42). Dit cambium bestaat uit een enkele laag cellen, die zich deelen door celwanden, evenwijdig aan den omtrek van het plantendeel loopend. Op die wijze ontstaan uit zulk een cambiumcel twee

cellen; de eene wordt weer cambiumcel, de andere wordt, als zij naar binnen gevormd is, een cel van het *hout*, als zij naar buiten gevormd werd, een cel van den *bast*. Door de werking van het cambium neemt het houtlichaam dus voortdurend in dikte toe; daarmee moet gepaard gaan, dat het cambium zelf op de doorsnede een voortdurend grootere en grootere cirkel wordt. De buitenste bastelementen worden daarbij samengeperst, maar zij worden steeds weer vervangen door cellen, die het cambium aan den binnenkant tegen den bast afzet. Wanneer men dus bij een boom wonden aanbrengt en men wil er voor zorg dragen, dat de diktegroei niet benadeeld wordt, dan moet men er acht op geven, dat het cambium ongedeerd blijft.

Deze werkzaamheid van het cambium vindt men niet alleen bij werkelijke boomen, zooals kina, koffie, cacao, hevea, enz., maar ook bij kruidachtige gewassen zooals b.v. tabak; het eenige onderscheid is, dat de plant hier vrij spoedig afsterft en dus de hoeveelheid hout en bast door het cambium gevormd, nooit zeer groot is.

§ 11.

In de gematigde luchtstreek bestaat een zekere periodiciteit in de houtvorming; gedurende den winter staat deze stil, om in het voorjaar weer te beginnen en dan in den nazomer te eindigen. Daar nu het hout, dat in het voorjaar gevormd wordt en het later ontstane hout eenigszins in bouw verschillen, is het gevolg daarvan, dat scherp gescheiden *jaarringen* in het hout zichtbaar worden. In de tropen is van de aanwezigheid van jaarringen dikwijls niet veel waar te nemen, in andere gevallen zijn zij wel zichtbaar. Vermoedelijk hangt dit samen met het voorkomen van een uitgesproken droge periode.

In aansluiting aan het bovenstaande zal hier nog iets over periodiciteitsverschijnselen in het algemeen gezegd worden. Wij betreden hier een zeer duister gebied, maar wellicht kunnen juist waarnemingen in de tropen verricht, daaromtrent eenig licht verspreiden. Planters hebben er ook nu en dan mee te maken, zoo b.v. bij den periodischen bloei van de koffie.

In Europa leek de zaak eenvoudig genoeg; in het najaar treedt ten gevolge van ongunstige uitwendige omstandigheden een rustperiode van de planten in, die pas weer voorbij is, wanneer de uitwendige

factoren in het voorjaar gunstig worden. Maar zoo eenvoudig schijnt de zaak toch alleen te zijn bij oppervlakkige waarneming; immers, vooreerst zijn er planten, die hun rustperiode juist midden in den zomer doormaken, zooals sommige Orchideeën, maar verder zijn het ook bij onze boomen en heesters volstrekt niet alleen de ongunstige uitwendige omstandigheden, die het uitloopen van knoppen verhinderen. Het is bekend genoeg, dat men in Februari takken van onze boomen kan laten uitloopen, door ze in een vochtige warme kas te plaatsen; maar beproeft men ditzelfde in November te doen, dan gelukt het in vele gevallen niet. De knoppen ondergaan blijkbaar eerst nog inwendige veranderingen, die voorbij moeten zijn, wil de knop in staat zijn uit te loopen. Sommige onderzoekers hebben hieruit afgeleid, dat er inwendige periodiciteit zou bestaan, onafhankelijk van de heerschende uitwendige omstandigheden. Anderen ontkennen dit echter en wijzen er o.a. op, dat men die rustperiode toch wel breken kan door tal van middelen, zooals behandeling met aetherdampen of onderdompeling in warm water, ook wel in zeer moeilijke gevallen door voortdurend licht toe te voeren.

Ook in de tropen komen gevallen van periodiciteit voor, die men meent te kunnen verklaren, door het afwisselend klimaat; zoo is het b.v. met den djatiboom op Java; deze staat gedurende den Oostmoesson kaal, om in het begin van den Westmoesson zijn knoppen te ontplooien. Andere boomen gedragen zich weer anders, b.v. de mangga, die tegen het einde van den Westmoesson nieuwe bladeren vormt of de tamarinde, die het op ongeregelde tijden, maar steeds periodisch doet. Zonder een uitvoerig experimenteel onderzoek laat zich geen verklaring van zulke verschijnselen geven. Toch blijkt dan dikwijls, dat iets wat er uitzag als een zuiver inwendige periodiciteit, het gevolg *kan* zijn van wisselende uitwendige factoren. Dat geldt o.a. voor den bloei van het kleine witte Orchideetje, dat in onzen Archipel, vooral in West-Java zooveel op boomen groeit en dat bij het publiek bekend is onder den naam van duifjes (Dendrobium crumenatum): de plotselinge gelijktijdige bloei van een aantal van deze „duifjes" is enkel het gevolg van de heerschende uitwendige omstandigheden.

———

Ademhaling.

§ 12.

Bij de behandeling van de vorige §§, die op groei betrekking hadden, zal het opgevallen zijn, dat de plant tamelijk veel arbeid verricht. Daarvoor is een zekere hoeveelheid arbeidsvermogen noodig en de vraag, die ons thans zal bezig houden, is die, hoe dit arbeidsvermogen in het plantenlichaam wordt vrij gemaakt, zoodat de verschillende levensprocessen kunnen worden uitgevoerd. In bizonderheden zijn deze omzettingen van het arbeidsvermogen niet bekend, alleen weet men dat er omzettingen zijn, die de noodige levende kracht leveren, waardoor de levensprocessen kunnen plaats hebben. Het is te vergelijken met een fabriek, waarvan men alleen zou weten wat er in ging en het eindproduct; denkt men zich b.v., dat men van een suikerfabriek wist, dat door verbranding de noodige caloriën verkregen werden om de fabriek te drijven, dat er suikerriet in gaat en suiker uitkomt, maar ook niet veel meer, dan zou men zich in een soortgelijke positie bevinden als tegenover de plant; men weet, dat hier verschijnselen zijn, waarbij arbeidsvermogen van beweging vrij komt, dat deze in het algemeen als een verbrandingsproces te beschouwen zijn, men kent hetgeen de plant opneemt en het eindresultaat, maar allerlei tusschenliggende stadia zijn onbekend. In elk geval heeft men een algemeen woord gekozen om al die processen aan te duiden, waarbij arbeidsvermogen van plaats in de plant omgezet wordt in arbeidsvermogen van beweging: men spreekt daarbij van *ademhaling*.

Zooals reeds gezegd werd, heeft men hier met een samenstel van verschijnselen te maken; daarbij is er toch een, dat meer bizonder op den voorgrond treedt bij de meerderheid der planten en dat bekend is onder den naam van *zuurstofademhaling*; een nadere bespreking van dit verschijnsel, dat ook wel eens kortweg ademhaling genoemd wordt, moge hier voorafgaan.

Wanneer men hoogere planten in hun geheel of deelen van hoogere planten in het donker in een afgesloten ruimte met lucht brengt, dan kan men vaststellen, dat de zuurstof uit die ruimte verdwijnt en dat in de plaats daarvan koolzuur optreedt. Men kan te werk gaan op de wijze van fig. 43 en gebruik maken van een absorptiebuis, die in een bak met water of met kwik staat en waar men in het verwijde gedeelte b.v. kiemende erwten heeft gebracht. Wanneer het water in de buis dan een eind opgezogen is, kan men op de verdeelde schaal den stand aflezen en dus, na het aanbrengen van de noodige correcties, het volume van de ingesloten lucht bepalen. Laat men nu dit toestel eenigen tijd aan zichzelf over en bepaalt men daarna weer het volume van het gas, dan blijkt dit onveranderd te zijn gebleven. Daaruit mag men echter niet afleiden, dat de samenstelling van het gasmengsel geen verandering heeft ondergaan. Met behulp toch van kali- of natronloog kan men zien, dat er een zekere hoeveelheid koolzuur gevormd is, die door die loog geabsorbeerd wordt. Door absorptie met phosphorus kan bepaald worden, hoeveel zuurstof er nog over is en bij vergelijking van de hoeveelheid verdwenen zuurstof met de hoeveelheid gevormd koolzuur blijkt, dat beide *in volume uitgedrukt*, ongeveer gelijk zijn; het is dus ook begrijpelijk, dat het totale volume van het gasmengsel geen verandering heeft ondergaan.

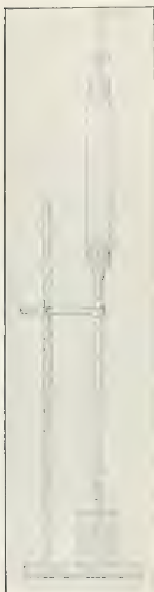


Fig. 43.
Absorptiebuis met kiemende erwten, ter bepaling van de ademhaling.

Men kan de proef ook anders nemen, door namelijk lucht of in het algemeen een gasmengsel, waarvan men de samenstelling kent, te laten strijken over kiemende erwten of andere plantendeelen en dan daarna de samenstelling van het gasmengsel weer te bepalen. Weet men dan ook hoeveel gas er over gevoerd werd, dan kan men berekenen, hoeveel zuurstof er verdwenen is en hoeveel koolzuur er voor in de plaats gekomen; ook dan is het resultaat hetzelfde: de volumina van beide zijn ongeveer gelijk. Daar nu gelijke volumina van verschillende gassen onder overeenstemmende toestanden evenveel moleculen bevatten, kan dus ook gezegd worden, dat er evenveel moleculen koolzuur ontstaan, als er moleculen zuurstof

verdwijnen, of dat op elk molecuul zuurstof, dat opgenomen wordt, één molecuul koolzuur gevormd wordt.

§ 13.

Wil men nu iets meer van het ademhalingsproces weten, dus ook van wat er in de plant geschiedt, dan moet men de ademende planten analyseeren voor en na het ademhalen. Dit kan natuurlijk niet met een zelfde hoeveelheid planten gebeuren, maar wel kan men een hoeveelheid kiemende zaden in twee gelijke deelen verdeelen, de eene helft dadelijk analyseeren en de andere, nadat zij een tijdlang geademd hebben. Daarbij moet er voor gezorgd worden, dat geen voedsel van buiten kan worden opgenomen; daartoe moeten de planten dus ook in het donker gehouden worden. Alleen het opnemen van water levert geen bezwaar op, omdat bij de analyse ten slotte toch alles op het gewicht aan droge stof wordt omgerekend.

Hier volgt nu een voorbeeld betrekking hebbende op 46 tarwekorrels, waarvan de samenstelling bepaald werd vóór de ontkieming; daarmee werd vergeleken de samenstelling van een tweede partij van 46 tarwekorrels, die oorspronkelijk zooveel mogelijk gelijk aan de andere waren uitgezocht, maar die nu voor de analyse eerst eenige dagen te kiemen waren gelegd.

	Drooggewicht.	Koolstof.	Waterstof.	Zuurstof.	Stikstof.	Asch.
vóór de ontkieming . . .	1,665 gr.	0,758 gr.	0,095 gr.	0,718 gr.	0,057 gr.	0,038 gr.
na „ „ . . .	0,713 „	0,293 „	0,043 „	0,282 „	0,057 „	0,038 „
Verlies . . .	0,952 gr.	0,465 gr.	0,052 gr.	0,436 gr.	0,000 gr.	0,000 gr.

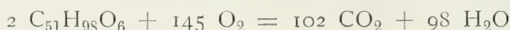
Tijdens de ademhaling blijven dus onveranderd het aschgehalte en de totale hoeveelheid stikstof, daarentegen nemen de hoeveelheid koolstof, waterstof en zuurstof van de droge stof af. Waar is die koolstof gebleven? Het is wel duidelijk, dat deze teruggevonden wordt in het gevormde koolzuur, waar op één molecuul opgenomen zuurstof O_2, één molecuul koolzuur CO_2 ontstaat; een analyse van de gevormde gassen zou dat hier trouwens ook geleerd hebben. Wat is er gebeurd met de verdwenen waterstof en zuurstof? Uit het voorafgaande volgt, dat zij niet in gasvorm ontwijken; wanneer men nu eens let op de verhouding 0,052 : 0,436 die is als 2 : 16,6, dan is het duidelijk, dat dit vrij wel de verhouding is van $H_2 : O$, dat er dus water gevormd is.

M. a. w. bij de ademhaling heeft een verbrandingsproces plaats, waarbij organische stoffen tot koolzuur en water verbranden. Het koolzuur treedt naar buiten en is gemakkelijk aan te toonen, het water *kan* in dampvorm ontwijken, maar de plant bevat ook zooveel ander water, dat daaromtrent niets zekers te zeggen valt. Welke stoffen zijn het nu, die hier bij de ademhaling verbrand worden? Het is wel duidelijk, dat dit alleen zulke kunnen zijn, waar op elke twee atomen waterstof een atoom zuurstof aanwezig is, dus b.v. de koolhydraten. Nemen wij eens aan, dat glucose verbrand wordt, dan zal dit geschieden volgens de formule:



$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O.$$

Het is geheel in overeenstemming met het hierboven gezegde, dat de verhouding van de volumina $\frac{CO_2}{O_2}$ alleen ongeveer 1 is bij de kieming van zaden, die veel koolhydraten bevatten, maar dat dit getal daalt tot 0,6 of 0,8 bij oliehoudende zaden; zoo werd bij hennepzaad gevonden 0,67, bij raapzaad 0,78. Dit is verklaarbaar, wanneer men zich denkt, dat hier vette olie verbrand wordt. Neemt men als voorbeeld palmitine, dan zou men hiervoor de volgende formule kunnen opschrijven:



$$2\ C_{51}H_{98}O_6 + 145\ O_2 = 102\ CO_2 + 98\ H_2O$$

en de verhouding van 145 : 102 is als 1 : 0,7.

Bij schimmels, waar men de voeding met organische stoffen eenigszins in de hand heeft, kan men verder met behulp daarvan het quotient $\frac{CO_2}{O_2}$ in verschillende richtingen wijzigingen doen ondergaan. Er treden bij deze ademhaling trouwens ook onvolledige verbrandingsproducten op, zooals oxaalzuur, die maken, dat het quotient wel steeds iets kleiner is dan 1.

Het is haast overbodig op te merken, dat de temperatuur op de ademhaling op soortgelijke wijze inwerkt als op andere levensprocessen. Daar het verschijnsel hier nauwkeurig onderzocht is, kunnen enkele cijfers gegeven worden. Bij verschillende temperaturen werd onderzocht, hoeveel koolzuur uitgeademd wordt in één uur door een bepaalde hoeveelheid kiemplantjes; daarbij werd o. a. gevonden voor erwten: bij 5° C. 6,0 mgr., bij 15° C. 16,7 mgr. De verhouding van die twee cijfers is 2,8 en zoo werd voor temperaturen van 10 en 20° gevonden

9,8 en 30,5 mgr., verhouding 3,1. Voor aardnoten (katjang tanah) werd op Java gevonden bij 25° 35,4 mgr., bij 15° 12,9 mgr., verhouding 2,7.

Dat hoogere temperaturen schadelijk inwerken kan blijken uit de volgende cijfers: bij erwten werd de ademhaling bepaald bij 40° en bij 50°, de gevonden waarden bedroegen 77,7 en 76,4 mgr., zoodat het quotient nu kleiner dan 1 is; hetzelfde geldt voor aardnoten, zooals nu wel zonder opgave van verdere cijfers zal worden aangenomen. Dat de tijd van inwerking van die hoogere temperaturen invloed heeft, kan uit de volgende reeks cijfers blijken, waar de hoeveelheid koolzuur opgegeven is, die bij een temperatuur van 50° C. door honderd kiemende erwten in achtereenvolgende uren werd afgegeven: 74,0, 38,8, 17,8, 12,0, 8,0 en 5,9 mgr.

§ 14.

Wanneer men aanneemt, dat bij de ademhaling koolhydraten verbrand worden, dan kan men, uitgaande van de bekende verbrandingswarmte van 1 gr. koolhydraat (ongeveer 3750 caloriën), berekenen hoeveel arbeidsvermogen er bij de ademhalingsprocessen vrijkomt.

De grootste hoeveelheid van dit arbeidsvermogen wordt verbruikt voor het verrichten van arbeid bij de verschillende levensprocessen, maar een gedeelte kan ook naar buiten afgegeven worden en wel meestal in den vorm van warmte. De zeer enkele gevallen, waar dit arbeidsvermogen door sommige lichtende bacteriën en schimmels in den vorm van licht afgestaan wordt, kunnen hier buiten bespreking blijven. De grootte van die warmteontwikkeling is met behulp van fijne meetinstrumenten bepaald en daarbij is gevonden, dat deze natuurlijk blijft beneden het totale arbeidsvermogen, dat bij de ademhaling vrijkomt. Zoo kon worden nagegaan, dat 1 Kg. tarwekorrels, wanneer zij te kiemen gelegd werden in een met waterdamp verzadigde ruimte, zoodat er dus geen warmte voor verdamping verbruikt werd, op den vierden kiemingsdag per uur afgaven 2938 caloriën, terwijl uit hun ademhaling kon worden berekend, dat er 6277 caloriën waren vrijgekomen. Wil men geen kwantitatieve bepalingen doen, maar alleen de warmteontwikkeling als zoodanig waarnemen, dan moet men groote massa's planten ophoopen en voorzorgen nemen, opdat de warmte niet naar buiten ontwijken kan. Op zeer eenvoudige wijze

gaat dit b.v., wanneer men kiemende zaden ophoopt in een hooikist; niet slechts kan de temperatuur dan zoover rijzen, dat men de stijging gemakkelijk met de hand kan waarnemen, maar zelfs kan de temperatuur boven de 50° C. komen, waardoor de planten zich zelf dooden. Het is van belang hier nog op te merken, dat de lichaamstemperatuur van een plant wisselend is; factoren die aanleiding kunnen zijn, dat deze stijgt, zijn de hier genoemde eigenwarmte en de zonnestraling, terwijl daarentegen de uitstraling en de verdamping de temperatuur van de plant zullen doen dalen.

Ook bij de ademhaling van lagere planten kan soms een zeer sterke temperatuurstijging optreden, zooals aan vele waarnemers van gistingsverschijnselen bekend zal zijn. De temperatuurstijging, die b.v. waargenomen wordt bij de cacaogisting is een gevolg van de werking van lagere planten, zoo ook — ten minste gedeeltelijk — de hooibroei.

Dat de ademhaling inderdaad als bron van het arbeidsvermogen te beschouwen is, blijkt wel hieruit, dat bij het ophouden ervan alle mogelijke levensprocessen tot stilstand komen. Brengt men een hoogere plant in een ruimte, waarin geen vrije zuurstof voorkomt, dan blijft de vorming van koolzuur nog een tijdlang voortgaan, ten gevolge van omzettingen in de cellen; hierbij komt ook eenig arbeidsvermogen vrij. Maar die hoeveelheid koolzuur neemt al spoedig af en de geringe groei, die men eerst door zeer zorgvuldige metingen nog kan waarnemen, zinkt al spoedig evenals de andere levensverrichtingen tot nul. Zoodra de afgifte van koolzuur heeft opgehouden, is er van levensprocessen dan ook niets meer te constateeren en reeds zeer lang is men er van overtuigd, dat leven zonder ademhaling onbestaanbaar is; omgekeerd achtte men de ademhaling eng aan het leven gebonden.

Toch is het tegenwoordig noodig, hieromtrent een restrictie te maken. In de eerste plaats, waar het betreft droge zaden; hier is de ademhaling nauwelijks merkbaar en wel des te minder, naarmate de zaden kleinere hoeveelheden water bevatten. Wanneer men ze dan ook in volkomen drogen toestand weet te brengen, houdt de ademhaling feitelijk op; mogelijke omzettingen in het zaad zijn tot stilstand gekomen. Toch kan men het zaad niet dood noemen, want wanneer het in staat gesteld wordt, water op te nemen, begint de ademhaling weer en men kan zulk een zaad tot ontkieming brengen. Waar zulke zaden in absoluut drogen toestand feitelijk niet veranderen, kunnen zij ook gedurende

oneindig lange tijdperken bewaard worden; in de praktijk is die proef natuurlijk niet wel te nemen.

§ 15.

Nog in een ander opzicht moet een restrictie gemaakt worden omtrent hetgeen in de vorige § gezegd werd. Het is namelijk gebleken, dat ook ademhaling buiten het levende lichaam mogelijk is, daar men bij de ademhaling te doen heeft met de werking van zoogenaamde *enzymen*, die vroeger ook wel fermenten genoemd werden.

Om te begrijpen wat men onder zulk een enzym verstaat, is een kleine uitweiding noodig. Er zijn scheikundige processen, die bij hooge temperaturen zeer snel verloopen, maar die al langzamer en langzamer gaan, naarmate de temperatuur lager is. Zoo weet iedereen, dat waterstof en zuurstof zich bij hooge temperatuur vrijwel plotseling met elkaar verbinden, terwijl bij onze gewone kamertemperatuur de verbinding zoo uiterst langzaam plaats heeft, dat men de vorming van water in het geheel niet kan waarnemen. Nu is het bekend, dat de aanwezigheid van fijn verdeeld platina (zoogenaamd platinaspons) de twee gassen er toe brengt, zich ook bij de lage temperatuur met elkaar te vereenigen met een zoodanige snelheid, dat men het proces kan waarnemen. Fijn verdeeld platina versnelt dus de omzetting, is, zooals men met een vreemd woord zegt, een *katalysator*. Ook in oplossingen zijn zulke katalysatoren bekend geworden en zoo kan b.v. hetzelfde platina in zeer fijn verdeelden toestand in water gebracht worden in zoogenaamd colloidalen vorm, waarbij het dan de ontleding van waterstofsuperoxyde H_2O_2 in water en zuurstof versnelt, terwijl dit proces zonder katalysator uiterst langzaam verloopt.

Zulke katalysatoren komen in de levende cel zeer algemeen voor, zoo algemeen, dat men misschien wel zeggen mag, dat alle scheikundige omzettingen in het levende organisme katalytische zijn; deze bizondere vorm nu van katalysatoren noemt men *enzymen*. Enzymen zijn van organischen aard, maar men weet nog weinig van hun samenstelling, omdat het niet gelukt is, ze in volkomen zuiveren toestand van de andere stoffen van het levende lichaam te scheiden. Er zijn echter goede gronden aanwezig, om aan te nemen, dat zij van eiwitachtige natuur zijn. Al kan men ze niet in zuiveren toestand verkrijgen,

toch kan men ze in vele gevallen uit het levende lichaam isoleeren, zoodat men met behulp ervan de omzetting in een reageerbuis buiten de levende cel kan laten plaats grijpen.

Het is van belang, daarbij op te merken, dat uitwendige omstandigheden op enzymen op soortgelijke wijze inwerken als op de levende plant, zij het ook, dat enzymen iets beter bestand zijn tegen ongunstige invloeden. Zoo neemt ook hier de snelheid van omzetting bij verwarming toe, terwijl nog hoogere temperaturen schadelijk inwerken, waardoor ook hier een optimum valt waar te nemen. Temperaturen van 70 — 80° C. zijn in het algemeen zoo schadelijk, dat de enzymwerkzaamheid geheel tot stilstand komt. Zoo werken ook vergiften soortgelijk als op de levende cel, maar er zijn toch stoffen bekend geworden, zooals chloroform, aceton, toluol en thymol, die door hun aanwezigheid het leven onmogelijk maken, terwijl zij de enzymwerking niet of nauwelijks nadeelig beïnvloeden.

Het is nu betrekkelijk eenvoudig aan te toonen, dat ademhaling ook mogelijk is bij doode stoffen, mits de ademhalingsenzymen niet vernietigd zijn. Men kan dit b.v. doen door planten te behandelen met aceton of door ze te laten bevriezen bij temperaturen van b.v. — 20° of — 30° C., waarbij het levende protoplasma gedood wordt. Later kan men dan bij hoogere temperaturen ademhalingsverschijnselen oproepen met behulp van de nog voorhanden enzymen.

Tot nu toe is het echter maar zeer onvoldoende bekend, hoe deze ademhalingsenzymen werken. Het is zeker, dat zoogenaamde *oxydasen*, zuurstof overdragende enzymen, hierbij een rol spelen, ook, dat er in het plantenlichaam stoffen zijn, die bizonder gemakkelijk zuurstof opnemen, geoxydeerd worden en ook weer zeer gemakkelijk de zuurstof afstaan, die dus tijdelijk de zuurstof binden. Bij die oxydatie verandert hun kleur gewoonlijk en dat is aanleiding, dat doorgesneden plantendeelen of plantensappen aan de lucht blootgesteld, dikwijls donkerder van kleur worden; het bruin worden van de cacaozaden bij de fermentatie is o.a. op een dergelijk proces terug te voeren. Men meent verder ook te weten, dat die oxydasewerking zich bepaalt tot betrekkelijk eenvoudig gebouwde stoffen en dat dus de meer gecompliceerde verbindingen, die in de plant aangetroffen worden, bij de ademhaling eerst een splitsing ondergaan. Bij de onvolledigheid van onze kennis omtrent ademhalingsenzymen schijnt het evenwel

geraden er hier niet meer van te zeggen, maar met deze enkele woorden te volstaan, om de aandacht op het voorkomen van die processen te vestigen, vooral omdat deze verschijnselen bij sommige fabriekmatige bewerkingen van landbouwproducten een zekere rol spelen, waardoor ze voor den practischen landbouwer niet van belang ontbloot zijn.

§ 16.

Hierboven is er opmerkzaam op gemaakt, dat hoogere planten bij afwezigheid van vrije zuurstof nog een tijdlang voortgaan, koolzuur af te geven en er werd op gewezen, dat daarbij arbeidsvermogen vrijkomt, waardoor sommige levensverrichtingen ten minste nog een tijdlang kunnen worden voortgezet.

Dit verschijnsel is veel sterker ontwikkeld bij een aantal lagere planten, die zoo zelfs blijvend kunnen leven zonder vrije zuurstof; men bestempelt het met den naam *anaërobiose.*

Als voorbeeld zij hier de gewone gist (Saccharomyces) genoemd. Dit is een schimmelplant, die uit een enkele cel bestaat en die het vermogen bezit, glucose om te zetten in alcohol en koolzuur; dit proces levert het noodige arbeidsvermogen, waardoor de gist in staat gesteld wordt, zonder vrije zuurstof te leven. Is er geen suiker aanwezig, zoodat de alcoholische gisting niet kan plaats hebben, dan is de gist alleen in staat te leven met behulp van de gewone zuurstofademhaling.

Wanneer men de gist fijn wrijft met infusorienaarde en dan in een hydraulische pers aan hooge drukking onderwerpt, krijgt men een zoogenaamd perssap, waarin de aanwezigheid van een enzym valt aan te toonen, dat de omzetting van suiker in alcohol en koolzuur teweeg brengt, welk enzym den naam *zymase* of *alcoholase* heeft gekregen.

Deze alcoholische gisting is niet alleen een belangrijk proces bij die industrieën (men denke aan de arakfabrieken), die zich ten doel stellen direct alcoholhoudende dranken te bereiden, maar ook dikwijls indirect. Zoo raakt men bij de cacaogisting op die wijze de suiker uit de witte pulp rondom de zaden kwijt.

Nog een stap verder gaande, komt men bij die lagere planten, die nooit vrije zuurstof noodig hebben, die dus nooit zuurstofademhaling vertoonen. Als voorbeeld zij hier gewezen op de *boterzuurbacteriën,*

die algemeen in tuingrond worden aangetroffen en wier ademhalingsproces bestaat in de omzetting van suikers, meer bizonder glucose, waarbij koolzuur, waterstof en boterzuur ontstaan, benevens enkele andere organische zuren in geringere hoeveelheid.

Boven werd reeds vermeld, dat ook in die gevallen, waar vrije zuurstof noodig is voor het leven, de ademhaling niet altijd volgens hetzelfde schema plaats heeft. Nu eens toch worden meer bizonder koolhydraten verbrand, een andere maal vetten, afhankelijk van den aard van de stoffen, die in de plant aanwezig zijn.

Nog veel grooter afwisseling vindt men, wanneer men het oog wendt tot de lagere planten, vooral de bacteriën. Het zou onmogelijk zijn, in een beperkt bestek deze ademhalingsprocessen alle ook maar kort te bespreken, daarom worden er hier slechts enkele vermeld. Er zijn b.v. zoogenaamde azijnzuurbacteriën, die aethylalcohol tot azijnzuur oxydeeren en die deze oxydatie alleen dan verder voortzetten, wanneer de noodige alcohol ontbreekt; men gebruikt ze technisch voor de azijnfabricatie. Zwavelwaterstof, dat in de natuur in tal van wateren zoo dikwijls optreedt, wordt door de zwavelbacteriën geoxydeerd tot water en zwavel, of bij gebrek aan voldoende zwavelwaterstof, wordt ook de zwavel geoxydeerd tot zwavelzuuranhydride, dat in het omringende water dadelijk tot zwavelzure kalk wordt. Ferrozouten worden door ijzerbacteriën in den grond geoxydeerd tot ferrizouten, wellicht een hoofdbron van de ijzeroervorming; zoo zijn er bacteriën, die methaan oxydeeren tot koolzuur en water, die kooloxyde tot koolzuur, ja zelfs, die waterstof tot water verbranden.

Een oogenblik moet nog stilgestaan worden bij de zoogenaamde *nitrificeerings*-organismen, dat zijn bacteriën, die de *nitrificatie* teweegbrengen, d. w. z. die salpeter vormen uit ammoniak. Deze bacteriën komen in den grond voor; zij zijn aanleiding, dat ammoniumverbindingen, die daarin gebracht worden b.v. als mest, of die er in ontstaan, daar niet in dien vorm blijven, maar al vrij spoedig overgaan in nitraten. Dit proces wordt door twee groepen van bacteriën teweeggebracht: de eerste, de *nitroso*-organismen, oxydeeren ammonia tot nitriet en water, de tweede, de *nitro*-organismen daarentegen oxydeeren alleen nitrieten tot nitraten.

Het oude woord gisting of fermentatie wordt voor een aantal van deze processen gebezigd, maar het is een weinig scherp omschreven

begrip; men kan het evenwel gemakshalve behouden, om al die processen aan te duiden, die door mikro-organismen worden teweeggebracht en waarbij samengestelde verbindingen in eenvoudigere worden gesplitst. Zooals hierboven reeds gezegd werd, kan aangenomen worden, dat daarbij steeds enzymwerkingen in het spel zijn, maar in dit geval zijn het enzymen, die door de lagere organismen gevormd zijn. In het dagelijksch gebruik wordt het begrip echter dikwijls uitgebreid ook tot die processen, waarbij geen mikro-organismen meewerken, maar waarbij na den dood van een plantendeel de enzymen in de hoogere plant aanwezig, werkingen uitoefenen, die men tijdens het leven niet waarneemt, omdat dan de verschillende plantensappen niet met elkaar gemengd voorkomen, maar gescheiden zijn, hetzij in afzonderlijke cellen of in dezelfde cel; als voorbeeld zij gewezen op de indigo-fermentatie.

In de praktijk wordt trouwens dikwijls in het midden gelaten met welk van die processen men te doen heeft; zoo wordt gesproken van fermentatie van de tabak, van de thee, van de cacao, zonder dat men daarmee aan wil duiden, dat bij die fermentatie lagere organismen een rol spelen.

Voeding.

§ 17.

Het is wel duidelijk, dat elke levende plant, ook al groeit die niet, toch voortdurend stof verliest ten gevolge van de ademhaling. Wil dus een plant in leven blijven, dan moet zij in staat zijn dit verlies aan te vullen, dus zich te voeden. Dit geldt nog veel meer voor een groeiende plant, waarvan het volume toeneemt, dus ook de hoeveelheid stof; dat is alleen maar mogelijk, wanneer stoffen van buiten kunnen worden opgenomen.

Het is nu in de eerste plaats van belang na te gaan, welke stoffen de plant van buiten moet opnemen. Men kan daarvan vrij gemakkelijk iets te weten komen, door zich af te vragen, waaruit een cel bestaat. Zooals reeds gezegd werd, is het grootste deel van de volwassen cel celvocht en dit bestaat weer voor het allergrootste gedeelte uit water; de opgeloste stoffen zijn suikers en andere organische stoffen, maar verder ook zouten van kalium en magnesium. Het protoplasma bevat eveneens veel water, dat daarin voorkomt als zoogenaamd imbibitiewater; het bestaat verder uit organische koolstofhoudende substantie — o.a. komen er eiwitstoffen in voor — waarin zich ook stikstof, zwavel en phosphorus bevinden. De celwand bevat eveneens vrij wat imbibitiewater en bestaat verder uit celstof (cellulose) of andere organische verbindingen, die alleen koolstof, waterstof en zuurstof bevatten.

Op deze wijze komt men dus reeds tot de voorstelling, dat de plant als voedsel noodig heeft verbindingen van koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof, zwavel, phosphorus, kalium en magnesium; gemakkelijker kan men hieromtrent iets te weten komen door een analyse van de plant te maken. Daarbij blijkt, dat, zooals iedereen weet, een groot deel van het plantenlichaam uit water bestaat. De hoeveelheid daarvan is niet altijd even groot, maar men kan rekenen, dat gemiddeld 70 - 80 % van het gewicht van een plant water is; bij houtige deelen kan het

minder bedragen tot 50 %, bij vleezige en zeer jonge deelen meer, nl. 85—95 %, zelfs zijn er waterplanten bekend geworden, vooral wieren, waar het watergehalte 98 % kan bedragen.

Wanneer men door droging bij 110° C. dit water verwijderd heeft,

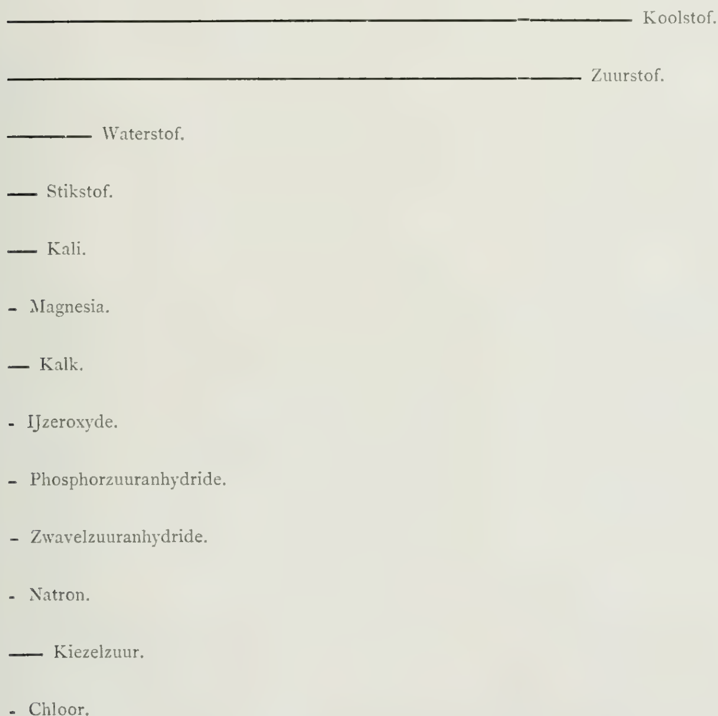


Fig. 44. Samenstelling van de droge stof van grassen.
De lengte der lijnen geeft de hoeveelheid van elk der bestanddeelen aan.

houdt men de droge stof over. Iedereen weet, dat die grootendeels uit organische stof bestaat, brandbaar is, maar dat bij verbranding asch overblijft. Dat die asch niet slechts alleen in enkele deelen aanwezig is, maar verspreid is door het geheele plantenlichaam heen, kan men gemakkelijk genoeg zien, daar bij verbranding alle eigenaardigheden

van de struktuur in de asch bewaard blijven; een voorbeeld daarvan levert b.v. de asch van een sigaar op.

Een nadere analyse leert ons, dat iedere plant bestaat uit: koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O), stikstof (N), zwavel (S), phosphorus (P), chloor (Cl), kiezel (Si), kalium (K), natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), ijzer (Fe) en dat zij bovendien sporen van aluminium (Al) en mangaan (Mn) bevat. In het schema van figuur 44 is de samenstelling van de droge stof van gewone grassen aangegeven, waarbij de lengte van de lijnen aanduidt de hoeveelheid, die van elk van die stoffen bij het onderzoek is gevonden. Alleen die stoffen zijn in het schema niet opgenomen, waarvan slechts sporen werden aangetroffen.

Deze stoffen moet de plant dus van buiten hebben opgenomen; het is maar de vraag hoe en vanwaar en ook de vraag of al deze elementen werkelijk noodzakelijk zijn voor het leven van de plant. Voordat deze vraag beantwoord wordt zal het gewenscht zijn, eerst de koolstofvoeding te behandelen.

Alleen kan het misschien van belang zijn, hier op te merken, dat er planten zijn, die nog andere elementen bevatten, zoo b.v. zeewieren jodium (I) en bromium (Br), verder andere gewassen zink (Zn), lithium (Li), koper (Cu), nikkel (Ni), kobalt (Co), borium (B), strontium (Sr) en barium (Ba). Nog zeldzamer komen in sommige plantenasschen voor: fluorium (F), selenium (Se), tellurium (Te), arsenicum (As), antimonium (Sb), titanium (Ti), rubidium (Rb), tin (Sn), zilver (Ag), kwik (Hg), lood (Pb), thorium (Th) en chromium (Cr). Met deze zeldzaam voorkomende stoffen behoeft hier echter geen rekening gehouden te worden.

§ 18.

Wat de koolstofvoeding betreft, moet onderscheid gemaakt worden tusschen groene en niet groene planten, of liever tusschen planten, die bladgroen bevatten en die, waarin het ontbreekt. Zoo bevat b.v. een bruine beuk bladgroen, waarvan men zich dadelijk kan overtuigen, door een blad van dien boom in kokend water te houden; ten gevolge van het afsterven van het protoplasma kan de roode kleurstof dan naar buiten diffundeeren en het groene blad blijft achter. Iets dergelijks kan men ook doen met een bruin of rood wier uit de zee, al is de verklaring van het verschijnsel daar niet zoo eenvoudig.

De groene planten zullen het eerst besproken worden en daarvan kan gezegd worden, dat zij hun koolstofvoedsel onttrekken aan de lucht, waaruit zij het koolzuur absorbeeren, of wanneer het ondergedoken waterplanten betreft, uit het water. Intusschen geschiedt dit alleen in het licht; in het donker is van het verschijnsel niets waar te nemen. Wanneer men een stroom lucht laat strijken over groene planten en zonlicht of sterk diffuus licht daarop laat vallen, blijkt het koolzuur geheel en al aan die lucht te worden onttrokken.

Een nadere analyse leert nu echter, dat de groene planten een ander gas afgeven, wanneer zij aan het licht worden blootgesteld, namelijk zuurstof. Het gemakkelijkst kan men deze zuurstofafscheiding waärnemen bij waterplanten; deze nemen het koolzuur op, dat in opgelosten toestand in het water voorkomt, terwijl daarentegen de afgescheiden zuurstof in veel geringere mate in water oplosbaar is en dientengevolge spoedig in den vorm van bellen zichtbaar wordt. Verzamelt men deze bellen, dan is het gemakkelijk met behulp van een glimmenden zwavelstok aan te toonen, dat hier inderdaad zuurstof gevormd is.

Het onderzoek van de hoeveelheden leert, dat in volume evenveel zuurstof gevormd wordt als er koolzuur opgenomen is, dus, daar gelijke volumina van verschillende gassen onder overeenkomstige omstandigheden evenveel moleculen bevatten, wordt er op elk molecuul koolzuur, dat opgenomen is, één molecuul zuurstof afgegeven. Let men op de samenstelling van het koolzuur, CO_2, dan blijkt, dat van de CO_2 de O_2 wordt afgegeven, zoodat dus alleen de koolstof in de plant achterblijft.

In welke verbinding wordt nu die koolstof in de plant teruggevonden? Zeer dikwijls in den vorm van koolhydraat en wel vooral van een bepaald koolhydraat, namelijk zetmeel. Men kan gemakkelijk aantoonen, dat bij de *koolzuurassimilatie*, zooals het verschijnsel genoemd wordt, in vele gevallen inderdaad zetmeel ontstaat. Daarvoor wordt een proef genomen met een blad, dat men eerst gedurende 12—24 uur in het donker heeft gehouden, een middel waardoor het zetmeel uit het blad verdwijnt. Wordt zulk een blad nu in een koolzuurhoudende atmosfeer aan het licht blootgesteld, dan wordt er weer zetmeel gevormd en wel des te meer naarmate de proef langer duurt; in een koolzuurvrije atmosfeer ontstaat dit niet. De aanwezigheid van zetmeel kan men gemakkelijk constateeren, door het blad eerst in kokend water te

dooden, daarna met behulp van alcohol de groene kleurstof er aan te onttrekken en het daarna in een verdunde oplossing van jodium in water te leggen; ten einde het jodium beter te doen oplossen, kan men aan het water eerst een weinig joodkalium toevoegen. Wanneer er nu zetmeel aanwezig is, kleurt het blad zich blauw en wel des te donkerder, naarmate de hoeveelheid zetmeel grooter is. Hetzelfde kan men trouwens ook op doorsneden onder het mikroskoop aantoonen; daarbij blijkt dan tevens, dat de zetmeelkorreltjes juist ontstaan in die deelen van het protoplasma, die dragers van de groene kleurstof zijn, de *bladgroenkorrels* of *chlorophylkorrels*, dat zijn dus de deelen, die wij vroeger leerden kennen als groene chromatophoren of chloroplasten.

Op de boven aangegeven wijze laat zich nu ook aantoonen, dat de zetmeelvorming uitsluitend in het licht plaats heeft. Bedekt men een blad met een laagje bladtin, waar men eenige letters uitgesneden heeft en stelt men het daarna aan het licht bloot, dan kan men later bij toepassing van de jodiumproef aantoonen, dat alleen op de aan het licht blootgestelde deelen zetmeel ontstaan is, daar men dan die letters blauw op een lichten grond zal zien.

Evenzoo kan men zich er van overtuigen, dat deelen van bladeren, die niet groen zien, in het licht geen zetmeel vormen; men kan voor deze proef b.v. witbonte bladeren gebruiken.

§ 19.

Wanneer rekening gehouden wordt met hetgeen boven gezegd werd, kan men nu trachten de vorming van het zetmeel op de volgende wijze in een formule weer te geven:



$$6\ CO_2 + 5\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\ O_2$$

Het is wel duidelijk, dat een zoo samengestelde stof als zetmeel niet het eerste product kan zijn, dat bij de koolzuurassimilatie ontstaat; het is o.a. zeker, dat er eerst suikers gevormd worden. Men kan dan ook een groen blad zelfs in het donker tot zetmeelvorming dwingen, mits men er maar voor zorgt, dat er een voldoende toevoer van suiker is, meer bizonder van glucose. Aan den anderen kant zijn er bladeren, die nooit verder gaan dan tot de vorming van glucose, b.v. die van de ui. Wie echter de gecompliceerde samenstelling van glucose

kent, zal wel inzien, dat ook dit niet het eerst gevormde assimilatieproduct kan zijn en de hypothese is uitgesproken, dat er eerst ontstaan zou formaldehyde (H.COH), terwijl dit dan condenseeren zou tot glucose. Deze hypothese is intusschen onbewezen en het is dus veiliger, hier verder te handelen, alsof er glucose ontstond, zoodat de formule van de vorming er als volgt zal moeten uitzien:



$$6\ CO_2 + 6\ H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Het zal wellicht opvallen, dat deze formule juist het omgekeerde is van die welke op bldz. 246 voor de ademhaling is gegeven. Waar hiervan uitgegaan wordt: koolzuur en water, was daar eindproduct, hetgeen hier eindproduct is, was daar uitgangspunt: glucose en zuurstof. Nu is er op gewezen, dat bij het ademhalingsproces arbeidsvermogen vrijkomt; arbeidsvermogen van plaats wordt omgezet in arbeidsvermogen van beweging. Hier moet dus juist het omgekeerde plaats hebben; er moet arbeidsvermogen van beweging, levende kracht, worden toegevoerd en deze wordt later teruggevonden als arbeidsvermogen van plaats in het scheikundig arbeidsvermogen van het zetmeel.

Waar komt nu dit arbeidsvermogen van beweging vandaan? Het is het zonlicht, dat dit levert; een gedeelte van de zonnestralen wordt opgenomen door het bladgroen en hier vindt de zooeven genoemde omzetting plaats.

Men kan gemakkelijk aantoonen, dat inderdaad alleen die lichtstralen, die door het bladgroen geabsorbeerd worden, de koolzuurassimilatie tot stand brengen. Het is natuurlijk de complementaire kleur van het groen, die geabsorbeerd wordt, d.w.z. in hoofdzaak het rood; wanneer men nu de koolzuurontleding in de verschillende stralen van het spectrum onderzoekt, blijkt, dat deze alleen plaats heeft in het rood. Nog juister is het, te zeggen, dat de koolzuurassimilatie alleen tot stand komt in die stralen van het spectrum, die door het bladgroen geabsorbeerd worden, dat zijn sommige roode stralen en enkele in het blauw en violet. Het behoeft wel niet vermeld te worden, dat kunstmatig licht, mits dit maar sterk genoeg is, zooals b.v. het electrische booglicht, dezelfde werking kan hebben.

Het is dus het arbeidsvermogen uitgestraald door de zon, dat door de plant vastgelegd wordt in den vorm van koolhydraten, om later bij de verbranding daarvan, dus bij de ademhaling, dienstbaar gemaakt

te worden aan de uitvoering van de verschillende levensverrichtingen.

Wellicht is het goed, nog eens na te gaan, hoe twee zoo geheel tegenovergestelde processen als de koolzuurassimilatie en de ademhaling bij de groene plant naast elkaar kunnen bestaan. Het behoeft geen betoog, dat in het donker uitsluitend de ademhaling zal worden waargenomen; in het licht daarentegen overweegt de koolzuurassimilatie zoo sterk, zelfs bij deelen, die zeer weinig bladgroen bevatten, dat de ademhaling geheel in het niet verzinkt. Men kan zich echter ook afvragen, wat op den duur overweegt, wanneer een plant b.v. eens eenige weken achtereen wordt waargenomen. Het is wel duidelijk, dat wanneer de ademhaling overweegt, de plant in gewicht moet afnemen. Bij groeiende planten of ook bij planten, die niet meer groeien, maar die nog een krachtig leven vertoonen, zal dus altijd de hoeveelheid opgenomen koolzuur grooter zijn dan de hoeveelheid, die bij de ademhaling wordt afgegeven; het omgekeerde zal alleen worden waargenomen bij kwijnende, afstervende planten.

§ 20.

Wanneer men afziet van zulke planten als de Cactaceae en enkele andere, waar de bladeren tot kleine schubbetjes gereduceerd zijn, dan kan gezegd worden, dat het juist de bladeren zijn, die de grootste hoeveelheid bladgroen bevatten en men kan dus ook verwachten, dat deze de hoofdvoedingsorganen van de plant zijn, voor zoover het betreft het opnemen van koolstofhoudend voedsel. Hoe dringt nu dit koolzuur in zulk een blad naar binnen?

Een blad is evenals andere deelen van een plant omgeven door een laag van cellen, die bestempeld wordt met den naam van *opperhuid* of *epidermis;* deze kan alleen bij sommige stengels en wortels tijdens den lateren diktegroei vervangen worden door kurk. De cellen van die opperhuid bevatten bij de hoogere planten geen bladgroen en zij sluiten zonder openingen aan elkaar. Slechts hier en daar vindt men in die opperhuid kleine openingen, bestempeld met den naam van *huidmondjes* of *stomata*. Elk huidmondje is omgeven door twee cellen, die den naam sluitcellen dragen en die een min of meer halvemaanvormig uiterlijk hebben, wanneer men ze van de vlakte beziet. Fig. 45 geeft in a het beeld van een stukje opperhuid met drie huidmondjes

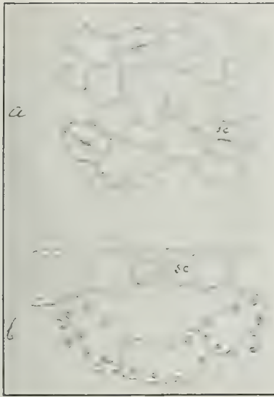


Fig. 45.
a. Opperhuid met 3 huidmondjes; *b.* Doorsnede door een opperhuid met één huidmondje en enkele aangrenzende cellen: *sc.* sluitcel.

van de oppervlakte beschouwd, in b de doorsnede van een opperhuid met een enkel huidmondje en enkele aangrenzende cellen. De sluitcellen, die bladgroenhoudend zijn, kunnen door turgorveranderingen wijzigingen in hun vorm ondergaan van dien aard, dat bij toename van den turgor het huidmondje zich opent, bij afname daarvan het huidmondje zich daarentegen sluit. Men zou a priori het omgekeerde verwacht hebben, maar de eigenaardige vorm der sluitcellen heeft dit onverwachte gevolg. Die turgorverandering kan zeer aanzienlijk zijn, 50—70 atmosferen bedragen.

Wanneer men verder eens nagaat, hoe een blad gebouwd is, dan ziet men, dat de cellen ervan, die van het zoogenaamde *bladmoes*, vrij los aan elkaar sluiten en dat zij vele holten, zoogenaamde *intercellulaire holten* tusschen zich open laten. Het beste is dit met een concreet voorbeeld duidelijk te maken door beschouwing van de doorsnede van een blad van de Liberiakoffie in figuur 46. Daar heeft de opperhuid aan den bovenkant geen huidmondjes, die aan den onderkant wel; deze openen zich in holten van een los weefsel, dat den naam van *sponsachtig weefsel* draagt, terwijl dit aan den bovenkant grenst aan twee rijen zoogenaamde *palissadencellen* met zeer veel bladgroenkorrels en kleine intercellulaire holten. In dit laatstgenoemde weefsel vindt in hoofdzaak de kool-

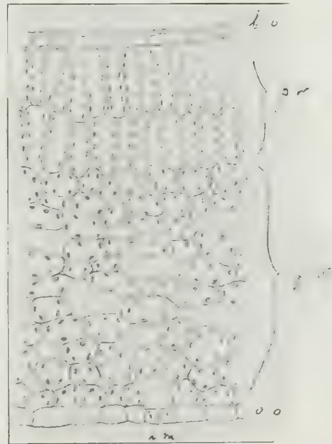


Fig. 46.
Doorsnede door een blad van Liberia-koffie. *bo.* opperhuid vanden bovenkant; *oo.* opperhuid van de onderzijde; *hm.* huidmondje; *pw.* palissadenweefsel; *sp.w.* sponsachtig weefsel.

zuurontleding plaats; hier toch is niet alleen het meeste bladgroen te vinden, maar de bovenkant ontvangt ook het meeste licht.

Het koolzuur dringt nu binnen door de huidmondjes, komt zoo in de intercellulaire holten van het blad en kan dus ook de palissadencellen bereiken, waar de ontleding in hoofdzaak plaats heeft. Men kan dit gemakkelijk bewijzen, door gebruik te maken van een mengsel van 3 deelen cacaoboter en 1 deel was, dat men in gesmolten toestand op dien kant van het blad aanbrengt, waar de huidmondjes gelegen zijn. Laat men het dan daarna afkoelen, dan zijn de huidmondjes geheel verstopt en nu blijkt een dergelijk blad niet meer te assimileeren, ook al is de opperhuid aan den bovenkant, die in het gegeven geval geen huidmondjes draagt, niet afgesloten. Men kan de proef ook anders nemen, indien men een blad even laat verwelken door watergebrek; de huidmondjes sluiten zich dan, de koolzuuropname heeft niet meer plaats en er wordt geen zetmeel gevormd. Dat dit niet een gevolg is van het verwelken op zich zelf, kan blijken, wanneer men een dergelijk blad van een insnijding voorziet; rondom deze opening heen wordt dan wel zetmeel gevormd.

De grootte van de koolzuurassimilatie is afhankelijk van tal van uitwendige omstandigheden, waarvan b.v. de invloed van de temperatuur onderzocht is en geheel in overeenstemming gevonden werd met hetgeen daaromtrent bij andere levensprocessen werd waargenomen. Verder neemt de koolzuurontleding toe met de lichtsterkte en ook met het koolzuurgehalte van de lucht. In de natuur is dit laatste wel niet aan veel schommelingen onderhevig, maar men kan het gehalte kunstmatig vermeerderen. Dan blijkt de grootte van de koolzuurassimilatie evenredig te zijn met het koolzuurgehalte van de lucht, die men over de plant laat strijken. Intusschen werkt al zeer spoedig het licht als beperkende factor, daar men de sterkte daarvan niet zoodanig kan doen toenemen, dat er nog meer koolzuur wordt ontleed.

De huidmondjes liggen regelmatig verspreid in de opperhuid en het is dus wel duidelijk, dat bij de gegeven omstandigheden de mate van de koolstofvoeding afhankelijk zal zijn van de grootte van het blad*oppervlak* van een groene plant, terwijl het niet zoozeer op volume of gewicht van de bladeren aankomt. Het is dus ook duidelijk, dat verkleining van dit bladoppervlak ongunstig op de voeding zal moeten inwerken. Wil men nu weten, met welke kracht het koolzuur wordt

opgenomen, dan is als maximum gevonden bij een Catalpablad 784 ccm. opgenomen koolzuur per uur en per vierkanten meter. Ter vergelijking worde hier meegedeeld, dat een vrij oppervlak van sterke kaliloog van dezelfde grootte per uur opneemt uit lucht, die in beweging is, 1500 ccm. koolzuur.

Nu is echter de gezamenlijke opening van alle huidmondjes, als deze het wijdst geopend zijn, in dit geval slechts 1 % van de bladoppervlakte, zoodat dus de snelheid, waarmee het koolzuur binnenstroomt, 50 maal grooter is dan bij een vrij oppervlak van sterke kaliloog. Een verklaring van dit verschijnsel is te vinden in de diffusiesnelheid van gassen door kleine openingen; de ruimte laat niet toe, dit hier nader uiteen te zetten.

Het is van belang, dat men iets van deze cijfers weet, omdat het anders wel haast onbegrijpelijk moet schijnen, dat de kleine hoeveelheid koolzuur van de atmosfeer (0,03—0,04 %, totaal misschien 2000—3000 billioen kilogram) voldoende is voor de vorming van alle organische stof op aarde. Onder alle voorbehoud, dat bij dergelijke berekeningen gemaakt moet worden, zij vermeld, dat de totale boschoppervlakte van Beijeren jaarlijks 29000 millioen kilogram koolzuur zou vastleggen. Ook is het zeker merkwaardig, dat er ten minste in historische tijden geen verandering in het koolzuurgehalte van de atmosfeer te constateeren valt, waaruit afgeleid moet worden, dat de ademhaling van dieren en planten ongeveer evenveel koolzuur produceert, als er door de koolzuurassimilatie aan onttrokken wordt; in omgekeerden zin geldt hetzelfde natuurlijk ook van de zuurstof.

§ 21.

Tegenover de planten met bladgroen staan nu alle andere, die zich niet met koolzuur van de atmosfeer kunnen voeden, maar die reeds gevormde organische stoffen als voedsel noodig hebben. Daartoe behooren de groote groepen, die geen bladgroen bevatten, de schimmels en bacteriën en enkele hoogere planten, zooals in Indië de Rafflesia's en de Balanophora's en enkele bleekgele aard-Orchideae. De stoffen, waarmee deze planten zich voeden, zijn dus altijd afkomstig van andere levende wezens; er kan alleen in zooverre verschil bestaan, dat sommige hun voedsel ontleenen aan reeds afgestorven organismen, andere aan het nog levende lichaam. De eerste noemt men *saprophyten*, de tweede *parasieten*.

Saprophyten zijn de groote opruimers in de natuur; waren zij er niet, dan zouden de lijken van de afgestorven dieren en planten in een voortdurend dikkere laag den bodem bedekken, nu komen schimmels en bacteriën en tasten ze aan. Daarbij wordt hun substantie door die schimmels en bacteriën opgenomen en verbrand en zoodoende ten slotte overgevoerd in koolzuur, water en ammonia. Zeer dikwijls echter zijn die stoffen niet dadelijk opneembaar door de lagere organismen; eiwitstoffen b.v. kunnen niet zoo gemakkelijk opgelost worden, evenmin de stoffen, waaruit de celwanden der planten zijn opgebouwd. In zulke gevallen kunnen de schimmels en bacteriën enzymen afscheiden, die omzettend en oplossend op die stoffen inwerken. Het bekendste is dit bij de eiwitstoffen, die door zulke enzymen omzettingen ondergaan, waardoor zij in zuuramiden en ten slotte in koolzuur en ammonia worden omgezet.

Als voorbeelden van saprophyten worden hier genoemd de gewone schimmels, die men in de huishouding ziet optreden, vooral de groene penseelschimmel, de groene en zwarte hoofdjesschimmel, enz., verder de meeste paddestoelen, de rottingsbacteriën, de gistsoorten, enz.

Iets dergelijks als zooeven vermeld werd van de saprophyten geldt voor de parasieten; ook hier worden dikwijls enzymen afgescheiden, die de stoffen van de voedsterplant in een zoodanigen vorm brengen, dat zij voor de voeding van den parasiet gebezigd kunnen worden. Het meest uitgesproken vindt men dit wel in die gevallen, waar de parasiet stoffen afscheidt, die de omringende cellen van de voedsterplant dooden en waar zij pas daarna zelf in die doode cellen binnendringt; het is zelfs de vraag, of men hier in den meest strengen zin nog wel van een parasiet mag spreken en of dit niet eerder een saprophyt zou moeten heeten. Nog een stap verder terug naar het saprophytisme treft men de wondparasieten aan, die een levende cel niet kunnen aantasten en die dus een plant alleen kunnen binnendringen op plaatsen, waar door een wond reeds cellen gedood zijn. Het is misschien goed, hier op te merken, dat zulke *wondparasieten* toch wel zeer schadelijk kunnen zijn, getuige b.v. de schimmel van het rood snot van het suikerriet.

Het tegenovergestelde uiterste vormen de parasieten, die hun voedsterplanten tot verhoogden groei prikkelen en die zoo aanleiding zijn tot weefselwoekeringen, die onder het hoofdstuk groei reeds kort

besproken werden. Voorbeelden daarvan vindt men vooral onder de brand- en roestzwammen; maar terwijl de eerstgenoemde een gedeelte van hun ontwikkeling nog buiten de plant kunnen doormaken, o.a. een goeden voedingsbodem vinden in een grond, waarop dierlijke mest is gebracht, is dit bij de roestzwammen niet het geval. Dit zijn zulke strenge parasieten, dat het tot nu toe zelfs nog niet gelukt is, een kunstmatigen voedingsbodem te vinden, waarop zij zich buiten de plant eenigermate kunnen ontwikkelen.

In aansluiting aan het bovenstaande moeten nog een paar korte opmerkingen gemaakt worden omtrent groene parasieten, waarvan er inderdaad een groot aantal bekend zijn. In de tropen vallen wel het meest in het oog de verschillende Loranthaceae (kamadean), die men als groote groene plekken in tal van boomen kan aantreffen. Deze planten hebben groene bladeren, halen hun koolstofvoedsel uit de lucht, zoodat zij in dit opzicht niet parasiteeren. Daarentegen onttrekken zij water en minerale bestanddeelen aan de voedsterplant, waarop zij leven. Hoewel de aanwezigheid van een enkele dergelijke plant dus niet zoo heel schadelijk is te achten, wordt dit anders, wanneer het aantal van die parasieten grooter wordt; de planters hebben dus gelijk, wanneer zij Loranthusplanten uit hun aanplantingen verwijderen.

Men mag deze groene parasieten niet verwarren met de *epiphyten*, die men in de tropen in groot aantal op de takken der boomen kan aantreffen, maar die aan hun substraat geen voedsel onttrekken; het zijn vooral Varens, Orchideae en in tropisch Amerika Bromeliaceae (zoogenaamde boomananassen). Schade doen zij dus niet aan de boomen, waarop zij leven, tenzij door de onttrekking van te veel licht, een enkele maal ook, zooals bij sommige vijgensoorten (waringins) wanneer zij de boomen met hun luchtwortels omstrengelen.

Toen hierboven opgemerkt werd, dat planten zonder bladgroen hun koolstofvoedsel niet aan het koolzuur van de lucht kunnen onttrekken, werd een kleine onnauwkeurigheid begaan, want onder die planten zijn er inderdaad enkele bacteriën, die dit vermogen wel bezitten. Vraagt men zich af, van waar deze dan de noodige energie verkrijgen, om dit proces tot stand te brengen, dan is dit niet het arbeidsvermogen van het licht, maar het arbeidsvermogen door scheikundige omzettingen vrijgemaakt; in het donker vindt deze ontleding dus ook plaats. Daartoe behooren b.v. de nitrificeerings-organismen, waar de verbranding van

ammonia tot salpeterigzuur en salpeterzuur het noodige arbeidsvermogen levert, of de waterstof-oxydeerende bacteriën en enkele andere. Voor den planter is dit proces voor zoover het zich op het oogenblik laat aanzien, van niet zoo heel veel belang en het blijft hier dus onbesproken; uit principieel oogpunt is het natuurlijk zeer belangrijk te achten, dat er levende wezens zijn, die in hun ontwikkeling niet rechtstreeks afhankelijk zijn van de zon, die ook zonder zonnestraling kunnen leven, groeien en zich vermenigvuldigen.

§ 22.

Wanneer wij thans de andere voedingsstoffen aan een nadere beschouwing onderwerpen, dan kunnen wij dadelijk opmerken, dat deze bij de hoogere planten alle in den vorm van zeer verdunde oplossingen in water door de wortels worden opgenomen. Het hoofdbestanddeel, dat in de wortels binnendringt, is dus water en hoewel sommige planten in staat zijn ook met behulp van hun bladeren geringe hoeveelheden water tot zich te nemen, kan dit toch verwaarloosd worden tegenover de overwegende rol, die de wortels hierbij spelen.



Fig. 47.
Kiemplantje van witte mosterd met wortelharen.

Slechts een betrekkelijk gering deel van de wortels is in staat water op te nemen; het ligt in de nabijheid van den worteltop en is meestal te herkennen aan de aanwezigheid van wortelharen. Maar ook bij die wortels, waar wortelharen ontbreken, is het toch alleen het hiermee overeenkomende stuk van den wortel, dat water op kan nemen. De hier gegeven voorstelling berust op proeven, waarvan de inrichting zoodanig was, dat slechts een bepaald deel van den wortel door water bevochtigd kon worden.

In figuur 47 is een kiemplantje van witte mosterd afgebeeld, waaraan de wortelharen duidelijk te zien zijn; ook neemt men waar, dat zoowel aan den top als aan de basis een stuk gevonden wordt, waar deze deelen ontbreken.

Bij onderzoek onder het mikroskoop blijkt, dat de wortel, evenals andere deelen van een plant, omgeven is door een opperhuid, die uit een enkele laag van cellen bestaat; deze cellen sluiten aan elkaar zonder openingen, zooals o.a. ook blijkt uit figuur 59 op bldz. 290. Uit de proef volgt dus, dat deze cellen in zeer jongen toestand moeilijk water opnemen, daarentegen dit vermogen wel bezitten, wanneer zij volwassen zijn. Het zijn nu deze cellen, die in vele gevallen uitgroeien tot wortelharen, waardoor het absorbeerende deel van het worteloppervlak natuurlijk aanzienlijk vergroot wordt. Onderzoekt men het oudere gedeelte van een wortel, dan blijkt, dat hier de opperhuidscellen geen levenden inhoud meer bezitten, dat zij evenals natuurlijk de daarmee samenhangende wortelharen ten gevolge van het verloren gaan van den turgor zijn samengevallen. Uit dit onderzoek volgt dus, dat alleen de *levende* opperhuidscellen in staat zijn water op te nemen.

Wanneer de wortels vertakt zijn, of wanneer meerdere wortels aangetroffen worden, vindt men aan elk daarvan en aan elken zijwortel, dicht bij den top een gedeelte met levende opperhuidscellen, waar dus de opname van water mogelijk zal zijn.

Uit het bovenstaande volgt van zelf, dat het van groot belang is, er voor zorg te dragen, dat de worteltoppen van een plant niet beschadigd worden. Deze beschadiging kan b. v. bij het verplanten zeer licht voorkomen, wanneer niet een groote kluit aarde voorzichtig meegenomen wordt.

Verder volgt er uit, dat het opnemen van water een levensverrichting is, die dus op dezelfde wijze van uitwendige omstandigheden zal afhangen als andere levensverschijnselen. Zoo zal bij lage temperatuur de opname van water geheel of bijna geheel stilstaan; dat is in Noordelijke streken o.a. het geval in den winter, wanneer de bodemtemperatuur in de nabijheid van 0° C. ligt. Ook wanneer de ademhaling belemmerd wordt, wanneer de wortels zich b.v. in stilstaand water bevinden, kan de wateropname tot stilstand komen. Slechts bij sommige moerasplanten, zooals de rijst, kan de wateropname dan toch nog doorgaan.

De wortelharen leggen zich gewoonlijk dicht tegen de deeltjes van de aarde aan en zijn daardoor in staat ook uit een schijnbaar drogen grond nog water op te nemen; men zie het wortelhaar van figuur 48 met de vergroeide bodemdeeltjes. De mate, waarin dit geschiedt schijnt afhankelijk te zijn van den turgor der wortelcellen, maar toch

wordt nooit al het water aan een bodem onttrokken; de laatste resten worden zoo vastgehouden, dat geen plant ze er meer uit op kan nemen. Zoo werd een proef genomen met tabaksplanten, die men liet groeien in een grond, waarvan het watergehalte bekend was. Nadat de planten al het water, dat zij krijgen konden, uit den grond hadden opgenomen, werd het watergehalte er nog eens van bepaald. De gevonden cijfers waren de volgende; een grond, uit een mengsel van zand en humus bestaande, had oorspronkelijk 46 % water, aan het einde van de proef nog 12,3 %; voor leem waren deze cijfers 52,1 en 8,0 % en voor grof zand 20,8 en 1,5 %, zoodat ook groote verschillen voor de verschillende grondsoorten voor den dag kwamen.

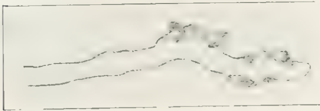


Fig. 48. Top van een wortelhaar met bodemdeeltjes vergroeid.

§ 23.

Wanneer men planten geen zuiver water geeft, maar een oplossing van verschillende zouten, blijkt het, dat deze niet in gelijke mate opgenomen worden, wanneer oplossingen van verschillende sterkte vergeleken worden. De onderzoekingen hebben echter nog geen volkomen bevredigende resultaten opgeleverd, zoodat met de vermelding van het feit op zichzelf hier volstaan kan worden.

Afhankelijk van den aard van de plant nemen verschillende planten nu ook uit een zelfde oplossing niet hetzelfde op. Dit blijkt het beste, wanneer men verschillende waterplanten in eenzelfde sloot naast elkaar laat groeien en dan later de samenstelling van die waterplanten met elkaar en met die van het omringende water vergelijkt. Dat daarbij groote verschillen voor den dag kunnen komen, kan duidelijk worden uit de volgende cijfers:

	Het water bevatte in 1000 deelen:	De asch bevatte in 100 deelen kranswier.	waterviolier.	scheeren:
ijzeroxyde	spoor	0,16	1,82	0,38
kalk	0,0533	54,84	21,29	10,73
magnesia	0,0112	0,79	3,94	14,35
phosphorzuur. . . .	0,0006	0,16	2,88	2,87
kiezelzuur	spoor	0,33	18,64	1,81
kali	0,0054	0,23	8,34	30,82

Wanneer men deze tabel nauwkeurig beschouwt, zal het wel blijken, dat een analyse van het slootwater eigenlijk niets zegt omtrent de mogelijkheid voor verschillende planten om er in te groeien. Iets dergelijks leert het feit, dat de hoeveelheid jodium in het zeewater uiterst gering is, terwijl toch sommige zeewieren er een zoo groote hoeveelheid uit opnemen, dat het jodium uit de asch van die wieren bereid wordt.

Het is begrijpelijk, dat dus ook de kennis van de samenstelling van een bodem ons weinig of niets leert omtrent de mogelijkheid van de kultuur van bepaalde planten op dien bodem. Daarbij komt hier dan nog, dat de voedingsstoffen, die door de plant opgenomen moeten worden, dikwijls pas door die plant in oplosbaren vorm worden overgevoerd. De wortels scheiden namelijk zuren af, die oplossend op de bodemdeeltjes werken. Het gemakkelijkst laat zich dit aantoonen, door wortels te laten groeien over een gepolijst marmeren plaatje; men ziet dan, dat de loop der wortels daarin gegraveerd wordt. Het is zeer waarschijnlijk, dat het afgescheiden zuur koolzuur is, zoodat aan de oplossende werking hiervan de omzettingen, door planten in den bodem teweeggebracht, zouden zijn toe te schrijven.

§ 24.

Vraagt men zich nu af, welke stoffen de plant uit den bodem opneemt, dan wordt het antwoord natuurlijk gegeven door de asch-analyse. Boven werd er reeds op gewezen, dat de samenstelling van die asch niet overal gelijk is, ook bij planten op denzelfden bodem gekweekt. Zoo bevatten b.v. paardestaarten en grassen (dus b.v. maïs, rijst, suikerriet, bamboe) veel kiezelzuur, terwijl deze stof bij vele andere gewassen slechts in sporen is aan te toonen, niettegenstaande de groote hoeveelheden er van, die men in de meeste grondsoorten aantreft.

Uit die aschanalyses blijkt evenmin, welke stoffen als voedsel voor de plant onontbeerlijk zijn en welke gemist kunnen worden; dit moet door de proef beslist worden. Voor zulke proeven kan men gebruik maken hetzij van zand, dat men langs chemischen weg zoover gezuiverd heeft, dat het als zuiver kiezelzuur te beschouwen is, of van zoogenaamde waterkulturen, d.w.z. men kan de planten kweeken met hun wortels in water, op de wijze als in figuur 49 is aangegeven. In

beide gevallen worden dan aan het zand of aan het water bepaalde stoffen toegevoegd en nagegaan of deze voor de ontwikkeling van de plant noodig zijn. Gebruikt men voor de proeven kiemende zaden, dan zullen deze ook zonder eenig ander voedsel dan water zich een eind ver kunnen ontwikkelen, omdat het zaad een zekere hoeveelheid *reservevoedsel* bevat; is dit opgebruikt, dan treedt een stilstand in de ontwikkeling op, die alleen dan voorbijgaand is, wanneer spoedig de noodige voedingsstoffen aan het water worden toegevoegd.



Fig. 49. Waterkultuur van een maïsplant.

Het zou geen doel hebben deze proeven hier in bizonderheden te bespreken, alleen kan als resultaat vermeld worden, dat het gelukt, een plant in waterkultuur tot normale ontwikkeling te brengen, mits aan het water toegevoegd zijn verbindingen van de elementen: *kalium*, *magnesium*, *calcium*, *ijzer*, *stikstof*, *zwavel* en *phosphorus*. De metalen moeten in den vorm van zouten worden toegediend en daarbij schijnen wel kalium- en magnesiumzouten een hoofdrol te spelen.

Afwezigheid van calcium werkt vergiftigend op de plant, maar toch zijn er redenen om aan te nemen, dat de kalk anders werkt dan de twee eerstgenoemde metalen. Een van die redenen is o.a., dat alleen groene planten het calcium noodig schijnen te hebben, terwijl schimmels en bacteriën het zeer goed zonder dit element kunnen stellen; daarentegen kunnen zij kalium en magnesium niet ontberen.

Van het ijzer zijn slechts zeer geringe hoeveelheden noodig; planten, die lijden aan gebrek aan ijzer, worden niet groen, men noemt ze *chlorotisch* d.w.z. zij krijgen een gele tint, die verdwijnt, wanneer men een weinig ijzerzout aan de voedingsoplossing toevoegt. Opmerking verdient, dat ijzer geen bestanddeel uitmaakt van de bladgroenkleurstof, wel komt daarin het metaal magnesium voor.

De zwavel wordt in den vorm van sulfaat opgenomen, de phosphorus in dien van phosphaat, de stikstof meestal als nitraat. Nitrieten zijn voor de hoogere planten zeer vergiftig, terwijl ammoniumverbindingen door sommige groene planten gemakkelijk kunnen worden opgenomen. Daar in den bodem de bovengenoemde nitrificeerende bacteriën bijna altijd aanwezig zijn, blijven echter ammoniumverbindingen zelden lang als zoodanig in den grond, maar worden daar in nitraten omgezet, zoodat de plant de stikstof toch meestal in den vorm van nitraat zal krijgen, zelfs waar bemest is geworden met zwavelzure ammonia.

Wanneer alle anorganische stoffen in voldoende hoeveelheid in den bodem aanwezig zijn, zal de plant zich krachtig kunnen ontwikkelen, maar is er van een te weinig, dan zal zich het bovengenoemde geval voordoen, dat deze als beperkende factor werkt, zoodat de overvloed van het verdere voedsel toch niet voorkomen kan, dat de ontwikkeling onvolledig is. Dan zal dus alleen toevoeging van die ontbrekende stof aan den bodem een normale ontwikkeling van de plant kunnen teweeg brengen.

Vervanging van het eene element door een verwant is niet mogelijk gebleken; zoo kan men b.v. in plaats van kalium geen rubidium of caesium gebruiken, in plaats van calcium geen barium of strontium. Wel zijn er enkele planten bekend geworden, die behalve de bovengenoemde elementen er nog andere noodig hebben, zooals sommige zoutplanten, die behoefte hebben aan chloor, maar men weet hier nog weinig van, zoodat het beter verder buiten behandeling blijft.

De gevolgtrekkingen, die uit dit alles te maken zijn voor de praktijk, blijven op deze plaats liever onbesproken, omdat zij thuis behooren in het hoofdstuk, dat over de bemesting handelt.

Een paar opmerkingen moeten hier nog aan toegevoegd worden. Behalve de reeds genoemde eigenlijke voedingsstoffen zijn er andere bekend geworden, die in eenigszins aanzienlijke hoeveelheden vergiftig zijn, maar die prikkelend op den groei werken, wanneer zij in kleine doses gegeven worden. Men zou geneigd zijn, hier aan een katalytischen invloed te denken, die echter niet nader onderzocht is. Zoo werken b.v. zinkzouten gunstig op de ontwikkeling van bepaalde schimmels; een hoeveelheid van 0,0005 % $ZnSO_4$ gaf al een vermeerdering, een hoeveelheid van 0,003 % een verdubbeling van den oogst; grootere hoeveelheden zijn ten slotte schadelijk. Iets dergelijks heeft men ook

waargenomen bij de werking van mangaanzouten op de ontwikkeling van hoogere planten.

Men bedenke evenwel, dat ook de eigenlijke voedingszouten in hoogere concentraties vergiftig zijn, b.v. kalium- en magnesiumzouten. Daarbij heeft men het eigenaardige verschijnsel kunnen waarnemen, dat de vergiftigheid van het eene zout door de aanwezigheid van het andere min of meer opgeheven wordt; men spreekt dan van antagonisme van die twee. Daar de planters met dit verschijnsel wel niet in aanraking zullen komen, kan het hier verder onbesproken blijven.

§ 25.

De stikstofvoeding moet hier nog iets meer in bizonderheden besproken worden. Terwijl de hoogere plant als stikstofvoedsel alleen of in hoofdzaak nitraten tot zich neemt, gedragen lagere planten, speciaal schimmels en bacteriën zich dikwijls anders. Voor sommige van deze zijn ammoniumzouten beter voedsel dan nitraten, nog andere hebben meer bizonder amido-stikstof noodig, zooals deze b. v. in de asparagine wordt aangetroffen. Een stap verder komt men aan de pepton-organismen, waar de voeding alleen kan plaats hebben met behulp van peptonstikstof en in den meest gespecialiseerden vorm vindt men eindelijk de eiwitorganismen, waar bepaaldelijk eiwitstoffen als voedsel noodig zijn; onder deze laatste zijn dan vooral een aantal van de meest uitgesproken parasieten.

Omgekeerd zijn er nu echter ook lagere organismen bekend geworden, die in staat zijn vrije stikstof op te nemen en deze te assimileeren. In den akkerbodem komen zulke bacteriën voor en dat is aanleiding, dat een braakliggende bodem langzamerhand rijker aan stikstofverbindingen kan worden. Het is gebleken, dat die stikstofbinding o. a. kan plaats hebben door sommige, wellicht door alle boterzuurbacteriën, maar dat zeker een nog veel belangrijker rol gespeeld wordt door een bacterie, die den naam gekregen heeft van Azotobacter chroococcum; deze is behalve in den akkerbodem ook in zee aangetroffen. Die stikstofbinding schijnt in de hand gewerkt te worden door humusstoffen en het is mogelijk, dat de gunstige werking van den humus ten minste voor een deel hieraan is toe te schrijven.

Er is nog een bacterie, of beter groep van bacteriën bekend

geworden, die vrije stikstof assimileeren kan, namelijk de zoogenaamde Bacterium radicicola. Deze komt voor in aanzwellingen, die aan de wortels der peuldragende gewassen (Leguminosae) worden aangetroffen, leeft echter ook in den grond en infecteert van daar uit de genoemde wortels, waar zij dan aanzwellingen als een soort van galwoekeringen doet ontstaan (zie fig. 50). De bacteriën veranderen in de knolletjes min of meer van gedaante, degenereeren en worden blijkbaar ten slotte door de plant als voedsel gebruikt; men zou haast kunnen zeggen, dat de peuldragende gewassen parasiteeren op die bacteriën. Het gevolg van dit alles zal nu echter zijn, dat een stuk grond, bezaaid met peuldragende gewassen aan deze planten zoo goed als geen stikstofverbindingen behoeft af te staan, ten minste wanneer er knolletjes aanwezig zijn; deze toch wordt aan de bacteriën onttrokken, die hunnerzijds weer stikstof uit de lucht opnemen. Integendeel, wanneer later de planten als groene bemesting in den grond ondergewerkt worden, zal de hoeveelheid stikstofverbindingen van den grond zijn toegenomen.

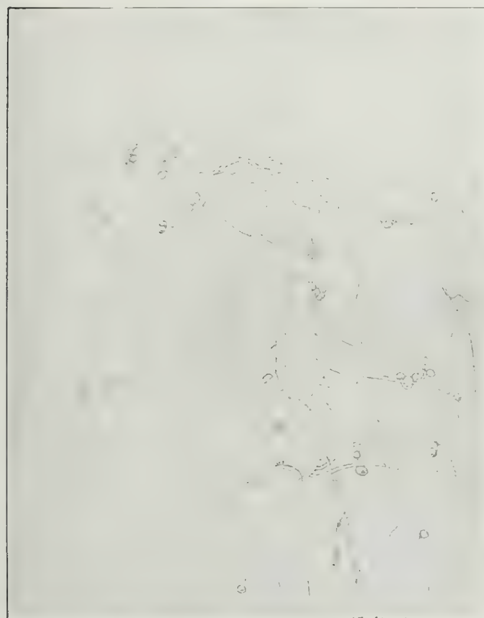


Fig. 50. Wortelstelsel van een boon met wortelknolletjes.

Het is misschien wel geen toeval, dat als schaduwboomen bij de kultuur van koffie, cacao, enz. zoo dikwijls gebruik gemaakt wordt van peuldragende planten (b. v. dadap in Indië, koffiemama in tropisch Amerika), daar deze toch niet alleen de benoodigde schaduw zullen geven,

maar daarnevens nog een zekere hoeveelheid stikstof zullen binden.

Wanneer stikstof, zooals bij de groene bemesting, in den vorm van eiwitachtige verbindingen in den grond komt, worden deze daar door schimmels en bacteriën ontleed, ten deele weer als voedsel opgenomen, ten deele ook komen die ontledingsproducten in vrijheid, waaronder de stikstof vooral als ammoniumverbindingen; dat deze dan meestal verder genitrificeerd worden, is boven reeds behandeld.

Het is hier de plaats niet, dezen geheelen kringloop van de stikstof in de natuur in bizonderheden te bespreken. Alleen is het wellicht goed er op te wijzen, dat meer en meer blijkt, dat in den bodem mikro-organismen een allerbelangrijkste rol spelen, zoodat verwacht mag worden, dat de studie daarvan, die pas in haar allereerste begin is, ons nog veel nieuws zal leeren, dat voor de praktijk van den landbouw van belang kan zijn. Men heeft b.v. nog geen zekerheid omtrent de vraag, of er niet nog andere lagere planten zijn, die vrije stikstof kunnen opnemen; het is herhaaldelijk beweerd en even dikwijls tegengesproken, o.a. omtrent allerlei schimmels; het lijkt wel haast, alsof ten slotte de vraag in bevestigenden zin beantwoord moet worden. Van belang is de vraag b.v. voor de gevallen, die men bestempelt met den naam *mykorhiza*, waar schimmels samenleven met de wortels van planten. Men weet, dat sommige planten zonder deze schimmels in het geheel niet bestaan kunnen; dit is vooral afdoende aangetoond voor de meeste Orchideae. Andere planten zijn wel bekend als gasten van mykorhizaschimmels, maar welke beteekenis die samenleving heeft is daar nog volmaakt onbekend; men weet daar zelfs niet, of de aanwezigheid van die schimmels *noodzakelijk* is voor een normale ontwikkeling van de plant; dit geldt voor een groot aantal kultuurplanten, zooals de koffie.

§ 26.

Welke veranderingen ondergaan de opgenomen voedingsstoffen in het plantenlichaam en langs welke wegen worden zij getransporteerd? Om op deze vraag een antwoord te krijgen, zal het goed zijn eerst eens te onderzoeken, waar het voedsel ten slotte verbruikt wordt.

Een gedeelte wordt verademd en dit geschiedt in elke levende cel; dit geeft ons dus niet veel ter beantwoording van de gestelde vraag. Een ander deel van het voedsel echter zal naar de groeiende deelen

moeten gaan, dus naar de toppen van stengels en wortels, ten einde daar verbruikt te worden voor de vorming en den groei van nieuwe cellen; voor den diktegroei zal het voedsel terecht moeten komen op de grens van hout en bast. Behalve water zal dit voedsel moeten bestaan uit koolhydraten voor de vorming van den celwand en voor den inhoud van de vacuole en uit eiwitstoffen voor de vorming van een deel van het protoplasma; de minder op den voorgrond tredende stoffen worden hierbij buiten beschouwing gelaten.

Van waar komen nu deze zoogenaamde *plastische* voedingsstoffen? Vroeger is reeds gebleken, dat de koolhydraten bij de koolzuurassimilatie in de bladeren ontstaan, maar men kan dit uitbreiden en beweren, dat in het algemeen de bladeren de laboratoria van de plant zijn, waar meer gecompliceerde stoffen uit eenvoudigere bereid worden, o.a. om de voornaamste te noemen, de eiwitstoffen. Deze worden in de bladeren gevormd; daarvoor zijn noodig koolhydraten, die bij de koolzuurassimilatie ontstaan en stikstofhoudende bestanddeelen, die meestal in den vorm van nitraten toestroomen. De geringe hoeveelheid zwavel wordt hier op het oogenblik buiten beschouwing gelaten, evenals de phosphorus, die in de meer gecompliceerde nucleïnen voorkomt.

Er is eenige reden om aan te nemen, dat het blauwzuur een van de eerste stoffen op weg naar de eiwitvorming is. Meestal wordt de cyaanwaterstof dadelijk verder verwerkt, zoodat men de vorming er van niet kan aantoonen, in andere gevallen echter kan het blauwzuur zich min of meer ophoopen, somtijds met suikers los gebonden tot glucosiden. Zoo vindt men veel blauwzuur in de kloeweh (Pangium edule), de kratokboontjes (Phaseolus lunatus) en de ketella pohon of cassave (Manihot utilissima).

Op welke wijze kan men nu de omzettingen, die in de bladeren plaats hebben, onderzoeken? Dat is niet eenvoudig, daar men bedenken moet, dat er voortdurend stoffen opgenomen worden (zoowel het koolzuur uit de lucht, als water en andere voedingsstoffen, die uit de overige deelen van de plant toestroomen), terwijl aan den anderen kant door de ademhaling stoffen er uit verdwijnen en andere door den bladsteel worden weggevoerd. Wat helpt in zulk een geval een analyse van een blad, of zelfs een analyse van een jong, een volwassen en een oud blad? Toch vindt men dit laatste nog al eens opgegeven; maar een dergelijke methode van onderzoek zou te vergelijken zijn met het

onderzoek naar de omzettingen in een suikerfabriek, wanneer men deze wilde baseeren op een bepaling van de hoeveelheid suiker in de fabriek aanwezig op een tijdstip in het begin van den maaltijd, een tweede in het midden van de campagne en een derde, wanneer de fabriek bijna afgemalen is.

Beter gaat het, wanneer men de wisselende samenstelling van zulk een blad zou leeren kennen, zoo mogelijk uur na uur, maar ten minste de verandering, die gedurende den dag plaats heeft, wanneer het blad koolzuur assimileert en omgekeerd de verandering tijdens den nacht, wanneer de koolzuurassimilatie tot stilstand gekomen is.

Nu spreekt het wel vanzelf, dat men met onze tegenwoordige hulpmiddelen een blad niet analyseeren kan zonder het te dooden. Men zal dus verschillende bladeren met elkaar moeten vergelijken, of nog beter, de beide helften van een zelfde blad. Daarbij doet zich dan echter nog een moeilijkheid voor; men zal zich namelijk moeten afvragen, wat men vergelijken moet. Het watergehalte van het blad is zoo wisselend, dat wel iedereen begrijpen zal, dat het gewicht van een blad niet als vergelijking gebezigd kan worden. Maar ook het drooggewicht is zeer wisselend, zooals reeds blijkt uit hetgeen boven werd opgemerkt omtrent het toevloeien en wegvloeien van voedingsstoffen. Het is dan ook een gelukkige vondst geweest, die geleerd heeft, dat gelijke oppervlakken van een zelfde blad ter weerszijden van de middelnerf gesneden (mits men zorgt daarbij niet te veel nerven mee te snijden), op hetzelfde oogenblik onderzocht, een zelfde drooggewicht bezitten en dat die droge stof dan dezelfde samenstelling heeft.

De methode van onderzoek bestaat dus hierin, dat men op een zeker tijdstip aan de eene helft van een blad een bepaald bladoppervlak ontneemt, dit dadelijk droogt en het daarna weegt en analyseert en dat men op een ander tijdstip dezelfde bewerking uitvoert met een gelijk bladoppervlak, dat men aan den anderen kant van de middelnerf wegsnijdt. Bij de praktische uitvoering van die proeven is het begrijpelijk, dat men meer dan een enkel blad moet gebruiken om een voldoende hoeveelheid materiaal voor het chemisch onderzoek te verkrijgen.

Vergelijkt men nu op die wijze bladeren bij zonsondergang en den volgenden morgen, dan blijkt gedurende den nacht een groote hoeveelheid koolhydraten en eiwitstoffen uit het blad te verdwijnen; deze worden blijkbaar door den bladsteel naar den stengel weggevoerd.

Het zetmeel, dat als zoodanig niet kan oplossen, wordt door een enzym, de diastase, eerst in suiker en wel meer bizonder in maltose omgezet; er zijn trouwens bij deze omzettingen in het blad tal van enzymen werkzaam. Er is reden, om aan te nemen, dat die afvoer ook gedurende den dag plaats heeft, maar dat dan de vorming van koolhydraten en eiwitstoffen grooter is dan de afvoer, zoodat een ophooping van die stoffen in het blad plaats heeft, die gedurende den daaropvolgenden nacht weer verdwijnt.

§ 27.

De plaatsruimte laat niet toe, de omzettingen in de bladeren hier in bizonderheden te bespreken; zij zijn trouwens nog maar zeer oppervlakkig bekend. Wel kan opgemerkt worden, dat in vele gevallen de plastische stoffen niet dadelijk naar de plaatsen van verbruik vervoerd worden, maar dat zij eerst tijdelijk ergens anders worden afgezet als zoogenaamde *reservestoffen.* Zulke reservestoffen kunnen dan weer als voedsel gebruikt worden, speciaal gedurende die tijden, waarin de planten geen groene bladeren bezitten, dus niet in staat zijn, hun organisch voedsel te bereiden uit het koolzuur van de lucht.

Als bewaarplaatsen van reservevoedsel kunnen de volgende deelen dienst doen:

a. In zaden: de zaadlobben, b.v. bij de cacao, of het kiemwit, hetzij endosperm, zooals bij de koffie, of perisperm, zooals bij de peper. Daarin vindt men eiwitachtige stoffen, die door enzymen gesplitst worden en stikstofvrije stoffen. Laatstgenoemde treft men meestal aan in den vorm van vette olie, zooals b.v. bij ricinuszaad, hevea en vele andere, of ook wel in den vorm van koolhydraten, b.v. zetmeel bij de rijst, galactanen en mannanen bij koffie, dadels, e.a.

b. In de stammen en wortels der boomen in bepaalde deelen van het hout (de zoogenaamde houtparenchymcellen en de mergstraalcellen); ook hier weer zijn het eiwitstoffen en hetzij vette olie of zetmeel. In Europa worden deze stoffen in het voorjaar opgelost bij het uitloopen van de knoppen en dan voor den groei daarvan gebruikt, zoolang zich nog geene groene bladeren ontplooid hebben; in de tropen is dit verschijnsel nog zeer slecht onderzocht, maar er valt niet aan te twijfelen, dat daar iets soortgelijks zal worden aangetroffen.

Dat sommige tropische boomen in hun stammen veel zetmeel bevatten is bekend genoeg, b.v. bij den sagopalm; volgens onderzoekingen van den laatsten tijd speelt het hier als reservestof een belangrijke rol.

c. In onderaardsche bewaarplaatsen: wortelstokken, b.v. bij pisangs en gember, knollen, b.v. bij aardappelen en ketella, bollen, b.v. bij uien en wortelknollen, b.v. bij oebi of jams. Behalve eiwitstoffen vindt men hier steeds koolhydraten, hetzij in den vorm van zetmeel of ook wel als suikers, zooals de glucose bij de gewone uien.

In aansluiting aan het voorgaande is het nu mogelijk, zich eenigszins een beeld te vormen van de omzettingen en verplaatsingen van voedsel, die bij hoogere planten worden waargenomen. Water en organische stoffen worden door de wortels opgenomen en moeten in hoofdzaak terecht komen in de bladeren; daar vinden zij de uit het koolzuur van de lucht gevormde koolhydraten en met een deel van deze hebben omzettingen plaats, die o. a. tot de vorming van eiwitstoffen leiden. Dit zoo ontstane plastische voedsel moet nu uit de bladeren vervoerd worden naar de hoofdplaatsen van verbruik, dat zijn aan den eenen kant de groeiende toppen van stengels en wortels en het cambium, wanneer er diktegroei is, aan den anderen kant de zich vullende bewaarplaatsen van reservevoedsel, die trouwens dikwijls ook aan den top van stengeldeelen ontstaan.

§ 28.

Langs welke wegen wordt dit voedsel nu getransporteerd? Vooreerst kan opgemerkt worden, dat men bij het doorsnijden van de nerf van een blad het geheele stuk, dat hierdoor geïnnerveerd wordt, van het stoftransport uitsluit; bij het uitvoeren van deze proef dient er echter op gelet te worden, dat er geen verbindingen met andere nerven van het blad voorkomen. Er gaat geen water meer naar dit bladgedeelte toe en het zetmeel, dat er in gevormd is, wordt er niet uit getransporteerd. M. a. w. in de nerven van de bladeren bevinden zich de banen, waarin het voedsel zich beweegt. Die nerven bevatten zoogenaamde *vaatbundels* en deze loopen, al of niet met elkaar vereenigd, door den bladsteel heen naar den stengel.

Het kan gewenscht zijn, hier eerst iets meer mee te deelen omtrent den bouw van zulke vaatbundels; men vergelijke daartoe ook

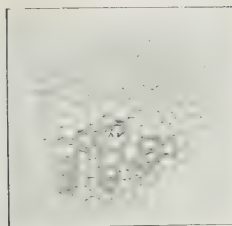


Fig. 51.
Dwarse doorsnede door een vaatbundel. Het gestippelde gedeelte is bast, het verdere hout; *hv.* houtvaten.

de hiernaast staande figuren 51 en 52, waarvan de eerste een dwarse, de tweede een overlangsche doorsnede door een vaatbundel te zien geeft. Elke vaatbundel bevat minstens een *houtgedeelte* of *xyleem* en een *bastgedeelte* of *phloeem*; in elk van die twee komen behalve andere elementen ook voor zoogenaamde *vaten.* Een vat is een deel, dat ontstaan is uit een reeks van cellen, waarvan de onderlinge tusschenschotten geheel of ten deele doorboord zijn, zoodat er een doorloopend geheel is gevormd. In het houtgedeelte hebben die vaten — hier *houtvaten* genoemd — in volwassen toestand geen levenden inhoud meer, maar men vindt er alleen water in, of alleen lucht, of water en lucht beide; in het bastgedeelte bevatten de vaten, die hier *zeefvaten* heeten, een levenden protoplast, die zich o.a. onderscheidt door een hoog eiwitgehalte De tusschenschotten van de houtvaten zijn geheel verdwenen, of van lange spleetvormige openingen voorzien; die van de zeefvaten zijn door een aantal gaatjes doorboord, zien eruit als een zeef; alleen bij niet meer in functie zijnde zeefvaten worden die openingen later weer gesloten door dikke celwandproppen, die er zich op afzetten. Stengels van klimplanten hebben gewoonlijk zeer wijde houtvaten, zoodat men ze daar dikwijls met het bloote oog kan zien, zeer gemakkelijk b.v. bij de stengels van rotan.

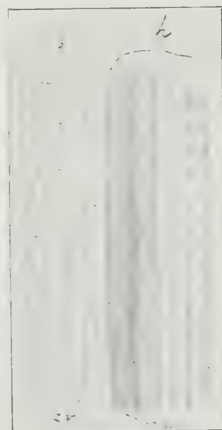


Fig. 52.
Overlangsche doorsnede door een vaatbundel. *b.* bastgedeelte; *h.* houtgedeelte; *zv.* zeefvaten; *hv.* houtvaten.

In de meeste stengels vindt men vaatbundels, die uit een hout- en een bastgedeelte bestaan, waarbij altijd de bast naar buiten toe, het hout naar het middelpunt toe gericht is. Daar men zulke vaatbundels van uit den stengel volgen kan tot in de bladeren en zij daarbij geen torsie ondergaan, volgt hieruit, dat in de bladeren het houtgedeelte aan den bovenkant en het bastgedeelte aan den onderkant gelegen is.

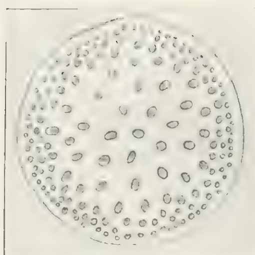


Fig. 53.
Doorsnede door een stengel van een Eenzaadlobbige plant (half-schematisch). Het houtgedeelte van de vaatbundels donker, het bastgedeelte licht gelaten.

Verder is er een groot verschil in de verspreiding van die vaatbundels in den stengel van Een- en van Tweezaadlobbige planten. Snijdt men den stengel van een Eenzaadlobbige plant, b.v. van het suikerriet of een palm, door, dan ziet men, zooals in figuur 53 is afgebeeld, op die doorsnede een groot aantal vaatbundels verspreid liggen, aan den omtrek iets dichter bijeen dan in het midden; daartusschen ligt een zoogenaamd *mergstraalweefsel*, terwijl een afzonderlijk merg in het centrum niet te vinden is. Bij de Tweezaadlobbige plant daarentegen vindt men, zooals in figuur 54 afgebeeld is, de vaatbundels in een enkelen kring gerangschikt rondom een *merg* heen, waarbij tusschen de vaatbundels zoogenaamde *mergstralen* gelegen zijn. Zoo doet de zaak zich echter alleen voor in jongen toestand; onderzoekt men oudere stengels van Tweezaadlobbigen, zooals er een in figuur 55 is afgebeeld, dan blijkt, dat er op de grens van bast en hout een meristeem ligt, het cambium, dat zich voortzet door de mergstralen heen, zoodat het op de doorsnede cirkelvormig wordt; naar binnen toe vormt dit nieuw hout, secundair hout genaamd en naar buiten toe nieuwen bast, secundaire bast genaamd. Door dezen secundairen diktegroei wordt langzamerhand de oorspronkelijke aanleg van de afzonderlijke vaatbundels onduidelijk naarmate er meer en meer de gesloten houtmassa der boomen ontstaat. Alleen in het midden

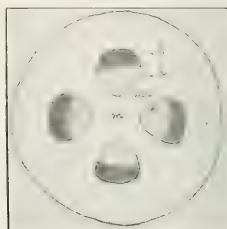


Fig. 54.
Doorsnede door een stengel van een Tweezaadlobbige plant (jong) met 4 vaatbundels ieder met een hout- (*h*) en een bastgedeelte (*b*); *ms.* mergstraal; *m.* merg; *s.* schors (half-schematisch).

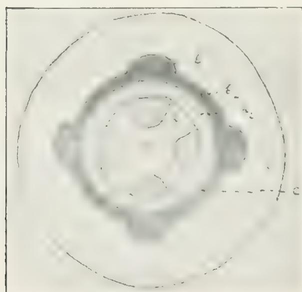


Fig. 55.
Doorsnede door een ouder deel van den strengel van figuur 40 (half-schematisch) b_2 secundaire bast; h_2 secundair hout; *c* cambium. Beteekenis van de andere letters dezelfde als in figuur 40.

blijven somtijds de oorspronkelijke houtmassa's der vaatbundels, die dan primair heeten tegenover het later gevormde secundaire hout, nog zichtbaar.

§ 29.

De ligging van hout en bast bij de Tweezaadlobbigen maakt het mogelijk, afzonderlijk te onderzoeken, welke rol elk van die twee bij het voedseltransport speelt. Daartoe kan men een zoogenaamde ringwond aanbrengen, d.w.z. een ringvormig stuk van den omtrek van den stam of van een van de takken verwijderen. Doet men dit, dan ziet men, dat het gedeelte van de plant boven de ringwond, voorloopig althans, even frisch blijft als voordat die wond gemaakt werd, mits de wond niet dieper gaat dan het cambium, m.a.w. het hout kan al het noodige water geleiden. Snijdt men daarentegen het hout weg, terwijl men den bast zoo veel mogelijk onbeschadigd laat, dan verwelkt het daarboven gelegen deel even snel als wanneer men het droog neergelegd had; er gaat dus door den bast geen water heen.

Tot dezelfde conclusie komt men ook, wanneer men kleurstofoplossingen in afgesneden takken laat opstijgen, waarbij de kleurstof alleen in het hout is aan te treffen. Hieruit blijkt dan tevens, dat het water vooral in het buitenste hout opstijgt, terwijl de meer centraal gelegen deelen van het hout het water niet meer doorlaten; daarop is bij wonden, die aan een stam gemaakt worden, wel te letten. Ook een diepere ringwond kan trouwens hetzelfde leeren.

De plastische stoffen worden daarentegen door den bast getransporteerd, dit blijkt eveneens uit de ringwondproef, zij het ook eenigzins indirect. Bij onderzoek toch ziet men een ophooping van zetmeel en eiwit in het bastweefsel boven de ringwond, terwijl daaronder geen spoor hiervan gevonden wordt, ten minste wanneer daar geen bladdragende takken worden aangetroffen. In datzelfde geval heeft ook groei van nieuwe deelen gemakkelijk boven, moeilijk onder de ringwond plaats; dit ziet men b.v. duidelijk aan de sterke callusvorming aan de bovenzijde. Nog duidelijker is dit, wanneer de proef op de wijze van figuur 56 genomen wordt met stekken. Het is bekend en het werd vroeger reeds besproken, dat zich wortels ontwikkelen aan het ondereinde van een stek, die in den grond of in water geplaatst is. Wanneer

nu echter iets boven het ondereinde een ringwond tot op het cambium gemaakt wordt dan ontstaan de nieuwe wortels uitsluitend boven de wond, blijkbaar omdat alleen daarheen het plastische voedsel voor den wortelgroei toestroomt. Bevindt zich onder de ringwond echter nog een bladdragende tak, dan kunnen ook daar wortels uitgroeien en hetzelfde is het geval bij die betrekkelijk zeldzame planten (b.v. de Cucurbitaceae of Solaneae), bij welke binnen het hout ook nog een bastmassa gelegen is.



Fig. 56.
Ondereinde van een tak, waaraan een ringwond is aangebracht, de wortels ontwikkelen zich alleen boven de ringwond.

Het resultaat van al die proeven is dus, dat men tot de gevolgtrekking komt, dat het plastische voedsel zich door den bast beweegt; men neemt aan, dat daarbij de zeefvaten een hoofdrol spelen, weet echter niet wat de drijvende krachten bij dit transport zijn. Niet onwaarschijnlijk werken stroomingen in het protoplasma hierbij mee; evenzoo zal het verbruik van een bepaalde stof en daarmee de verminderde concentratie ervan aanleiding kunnen zijn, dat deze naar die plaats toestroomt, maar kennis van de bizonderheden van deze processen bezit men niet.

§ 30.

Veel beter is het daarentegen gesteld met onze kennis omtrent het transport van water in de plant, hoewel ook hier nog groote leemten voorkomen. Wanneer hier in het vervolg gesproken wordt van water, wordt steeds bedoeld het water met de geringe hoeveelheid anorganische stoffen, die uit den bodem opgenomen worden.

Niet alleen weet men, dat het water zich beweegt door de jongste deelen van het hout, maar de proeven met kleurstofoplossingen hebben bovendien geleerd, dat het water zich alleen beweegt door de vaten en de *tracheïden* van het hout. Tracheïden zijn cellen, die geheel vergelijkbaar zijn met de afzonderlijke deelen, waaruit een vat is opgebouwd, die in volwassen toestand geen levenden inhoud meer bezitten,

waarvan de wand verhout is en waar in dien wand dunnere plekken voorkomen, die met den naam *hofstippel* bestempeld worden.

Hoe een hofstippel er uitziet, kan de doorsnede van figuur 57*a* leeren; het is een dunnere plaats van den celwand, terwijl aan weerszijden daarvan min of meer trechtervormige kanalen te vinden zijn, die met de holte van de cel communiceeren. Op den wand der vaten treft men eveneens hofstippels aan; ook daar waar het anders schijnt te zijn, zooals bij de vaten met ring- en spiraalvormige wandverdikkingen is ten slotte toch een hofstippelstruktuur te vinden. De vermelding van dit feit moge hier volstaan, aangezien de ruimte niet toelaat, het in bizonderheden uiteen te zetten.

De dunnere plaats van den hofstippel heet *hofstippelvlies*; het centrum daarvan is dikker dan de rand en draagt den naam van *torus*. Deze torus laat geen water door, de rand van het vlies daarentegen wel. Wanneer de drukking aan weerszijden van het vlies even groot is, vindt men het recht in het midden van den hofstippel, zooals in figuur 57*a*; maar is de drukking aan den eenen kant aanzienlijk grooter, dan kan het vlies aangedrukt worden tegen een van de openingen, waarbij dan juist de torus deze opening zal afsluiten. Men vindt dit afgebeeld in figuur 57*b*, waarbij opgemerkt moet worden, dat de rand van het vlies hier niet goed te zien is, omdat die juist tegen den verderen celwand aanligt.

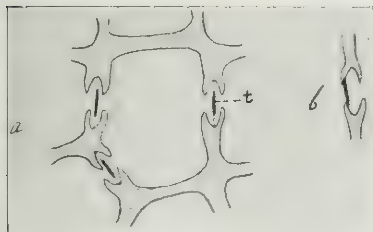


Fig. 57.
a. Doorsnede door een tracheïde van dennehout met 3 hofstippels *t*. torus. *b*. Hofstippel met éénzijdig aangedrukten torus.

Het is gebleken, dat het water van het eene vat naar het andere, of van een tracheïde naar een vat, of omgekeerd alleen door de hofstippels heengaat en dus uitsluitend door den rand van het vlies; bij eenzijdig aangedrukte hofstippels is het doorgaan van water dan ook buitengesloten. Men ziet dit gemakkelijk bij hout, dat men heeft laten uitdrogen, waar bij mikroskopisch onderzoek blijkt, dat alle hofstippels eenzijdig aangedrukt zijn. Dat zulk hout geen water doorlaat is aan iedereen bekend uit het gebruik, dat er van gemaakt wordt voor scheepsbouw, vaten, klompen enz.

§ 31.

Welke zijn nu de drijvende krachten bij dit watertransport? Deze heeft men te zoeken ten deele in de worteldrukking, ten deele in de verdamping der bladeren, ten deele wellicht ook in de levende cellen, die in het houtlichaam worden aangetroffen, te weten het houtparenchym en de mergstraalcellen.

De wortels persen het water met een zekere kracht naar boven; men noemt dit verschijnsel *worteldrukking*. Niet in alle jaargetijden en niet op alle uren van den dag is dit goed waar te nemen; maar het is meestal duidelijk zichtbaar op die tijden, waarin de verdamping gering is. Maakt men dan een insnijding in de plant, dan komt er uit de sneevlakte water te voorschijn, de plant bloedt, zooals men zegt. De hoeveelheid van dit bloedingsvocht kan zoo aanzienlijk zijn, dat het technisch gebruikt wordt; zoo bereidden de oude Germanen uit het bloedingsvocht van den berk, in het voorjaar verzameld een gegiste drank, berkenwijn of „meth", zoo wordt uit het bloedingsvocht van den suikerahorn in Amerika in het voorjaar ahornsuiker (maplesugar) bereid, zoo levert het bloedingsvocht van de agave aan de Mexicanen een gegisten drank, de „pulque", zoo zou men ook het sap, dat na verwonding uit den arenpalm vloeit, onder de bloedingsvochten kunnen rekenen.

Hierbij zijn nog twee opmerkingen te maken; in de eerste plaats dat met bloeden niet verward mag worden het te voorschijn treden van melksap bij verwonding, een verschijnsel, dat aan iedereen bekend is bij boomen, die guttapercha of caoutchouc leveren, maar dat ook overigens veel voorkomt, b.v. bij de papavers. Hier zijn, meestal in den bast, bepaalde melksapcellen of -vaten aanwezig, die een gedeelte van hun inhoud naar buiten uitstorten, wanneer zij op de een of andere wijze geopend worden. De beteekenis van het melksap voor het leven van de plant is ons vooralsnog onbekend, maar het is wel zeker, dat het met het watertransport niets te maken heeft.

In de tweede plaats blijkt uit de hier opgegeven voorbeelden, dat er tijden van het jaar zijn, waarin het bloedingsvocht suiker bevat. Dat is inderdaad het geval op het oogenblik, waarop de knoppen van een boom beginnen uit te loopen, dus in Europa en in de Vereenigde Staten van Noord-Amerika in het voorjaar. De reservestoffen in het

hout worden dan opgelost en gaan met het water mee door de vaten en tracheïden naar de ontluikende knoppen. Het is het eenige bekende geval, waarin plastische stoffen niet door den bast, maar door het hout heen getransporteerd worden. Of er in de tropen iets dergelijks voorkomt is onbekend.

Wanneer men op een wortelstomp een manometer aanbrengt, is men in staat den worteldruk te meten; het blijkt dan wel, dat deze gewoonlijk niet zeer hoog is, meestal niet meer dan 1 of 2 atmosferen; alleen werd op Java bij een Schizolobium excelsum, een boom, die somtijds dienst doet als schaduwboom in koffietuinen, een druk gemeten van iets meer dan 8 atmosferen.

De gevolgen van den worteldruk kunnen zich ook vertoonen in het zoogenaamde druppelen, een verschijnsel, waarbij door de intacte plant druppels naar buiten worden afgegeven. Men kan het zelfs ook bij lagere planten waarnemen, b.v. bij schimmels, maar bizonder duidelijk wordt het toch bij hoogere planten op tijden, wanneer de lucht veel waterdamp bevat, dus de naar buiten tredende druppels niet dadelijk weer verdampen. Na vochtige nachten vindt men b. v. op de oppervlakte van vele bladeren zulke druppels; veegt men ze weg, dan ziet men ze na zekeren tijd weer op dezelfde plaatsen voor den dag komen; hier zijn openingen aanwezig, de zoogenaamde waterporiën, die het water naar buiten laten treden. Deze openingen liggen gewoonlijk regelmatig verspreid, dikwijls aan den bladrand en hierdoor laat het druppelen zich gemakkelijk onderscheiden van dauw. Het sterkste druppelen heeft men waargenomen bij sommige tropische Araceae (Aronskelkachtigen), vooral bij Colocasia antiquorum (keladi). Wat hier voor den dag komt is natuurlijk geen zuiver water; het bevat geringe hoeveelheden anorganische zouten in oplossing, die bij het verdampen van het water op het blad achterblijven en die op den duur daar zelfs een licht wit aanslag kunnen doen ontstaan.

§ 32.

Als factor van de waterbeweging is de verdamping veel belangrijker dan de worteldrukking. Elke cel, die geheel of ten deele aan de lucht grenst, verliest water door verdamping; het verdampende water zal zijn het imbibitiewater van den celwand en laatstgenoemde

zal trachten het verloren gegane weer uit den celinhoud aan te vullen, zoodat het ten slotte van den osmotischen druk van het celvocht zal afhangen, of veel dan wel weinig water naar den celwand kan toestroomen, om daar te verdampen. Het arbeidsvermogen, dat de verdamping teweeg brengt, zal natuurlijk de zonnewarmte zijn, eventueel ook in zeer geringe mate de eigenwarmte van de plant, die ten slotte toch ook weer terug te brengen is tot de zon als energiebron.

Wanneer de levende cel in verbinding is met andere cellen, zal zij trachten het door verdamping verloren gegane water aan die cellen te onttrekken en wanneer deze ergens aan vaten of tracheïden grenzen, die met water gevuld zijn, zal er dus op dit water een zuigende kracht werken, afhankelijk van de grootte van den turgor van de verdampende cel en van de mate van de verdamping, die natuurlijk ten slotte weer afhankelijk is van de temperatuur en van den vochtigheidstoestand van de omringende lucht.

De oppervlakte van stengels en bladeren, die aan de lucht blootgesteld zijn, zal dus door verdamping water verliezen; ondertusschen is deze verdamping nooit zoo heel groot en wel, omdat de buitenste deelen van den celwand van de opperhuid uit een dun vliesje bestaan, dat voor water uiterst moeilijk doorlaatbaar is. Dit vliesje draagt den naam *cuticula* en bestaat uit een kurkachtige stof, die dus met de vetten verwant is. Naarmate deze cuticula dikker is, zal ook de *cuticulaire* verdamping geringer zijn. Bladeren met dunne cuticula zijn dun en teer, die met dikke cuticula leerachtig; de laatste spelen in de tropen een groote rol, zoodat daar de cuticulaire verdamping uit dien hoofde in het algemeen van minder beteekenis zal zijn dan in de gematigde luchtstreek.

Bij stengels, die diktegroei vertoonen, komt daar nu meestal nog iets bij; naarmate deze ouder worden, treedt langzamerhand een kurkweefsel in de plaats van de opperhuid, die ten slotte gewoonlijk afgeworpen wordt. Kurk laat bizonder moeilijk water door; alleen komen er kleine openingen in voor, de zoogenaamde *lenticellen*, die aan iedereen bekend zijn uit de flesschenkurk, waar zij zich voordoen als gangen met een bruin poeder gevuld; hier doorheen is een geringe verdamping mogelijk. Het is misschien goed, op te merken, dat deze lenticellen van groot belang zijn voor de ademhaling van de meer inwendig gelegen deelen en dat daarom afsluiting van de oppervlakte van zulk een stam van de buitenlucht zeer schadelijk kan werken.

Er is nu een andere vorm van verdamping, die een veel belangrijker rol speelt in het leven van de plant en dat is die, welke plaats heeft, daar waar cellen aan intercellulaire ruimten grenzen. Zoodoende wordt de daarin voorkomende lucht met waterdamp verzadigd en deze kan nu weer door de huidmondjes naar buiten ontwijken. Daar deze huidmondjes met een vreemd woord stomata genoemd worden, spreekt men hier van *stomataire* verdamping. Zijn de huidmondjes gesloten, dan komt dus de stomataire verdamping tot stilstand, openen zij zich, dan kan de waterdamp door diffusie naar buiten ontwijken en wel des te sneller, naarmate de lucht buiten droger is en ook naarmate de uittredende waterdamp sneller weggevoerd wordt door den wind. Het is trouwens van algemeene bekendheid, dat krachtige winden zeer sterk uitdrogend en zoodoende schadelijk op de vegetatie kunnen inwerken.

Vroeger werd reeds vermeld, dat vele huidmondjes zich in het donker sluiten; het gevolg daarvan zal zijn, dat bij deze planten de verdamping des nachts zeer gering is, hetgeen trouwens ook al door de lagere temperatuur en de grootere vochtigheid van de atmosfeer teweeggebracht wordt. Wij zagen ook reeds, dat de huidmondjes zich sluiten, wanneer de turgor van de sluitcellen afneemt; begint dus een blad door te groot waterverlies te verwelken, dan sluiten de huidmondjes zich en hierdoor wordt de verdere stomataire verdamping verhinderd, zoodat het in zekeren zin als een soort van veiligheidsklep werkt. Men kan dit in de tropen bij tal van planten waarnemen; na zonsondergang heeft dan het herstel plaats, mits voldoende water uit den bodem kan toevloeien.

Bizondere bekleedingen van de opperhuid door haren of door was kunnen de verdamping nog verder doen verminderen. Een waslaag is b.v. bij de paarse suikerrietsoorten zeer duidelijk waarneembaar als een wit aanslag op de stengelleden, nog sterker bij de daardoor grijsgroen gekleurde bladeren van de Eucalyptus. Planten, die op de een of andere wijze tegen sterke verdamping beschermd zijn, worden daardoor in staat gesteld zich op droge groeiplaatsen te ontwikkelen, in de tropen b.v. als epiphyten op de takken van andere boomen.

§ 33.

De grootte van de verdamping zal dus bij verschillende planten zeer verschillend kunnen zijn; maar om een denkbeeld van de grootte

er van te geven, kunnen de volgende cijfers dienst doen. Een enkele zonnebloemplant verdampte gemiddeld in 24 uur 560 gram water, eens zelfs 800 gram, terwijl de geheele plant 1340 gram woog. Gemiddeld wordt in den zomer in het klimaat van Midden-Europa per vierkanten centimeter bladoppervlak in 24 uur op heldere dagen 1—10 gram water verdampt. Berekend werd, dat een 115-jarige beuk van 1 Juni tot 1 September gemiddeld per dag 75 kilogram water verdampt en dat een hectare met 400—600 van die boomen beplant in dien tijd een hoeveelheid water zou verdampen van 2700000—4000000 kilogram; er behoeft wel nauwelijks op gewezen worden, dat al zulke berekeningen een zeer globale waarde hebben.



Fig. 58.
Transpirometer ter bepaling van verdamping en wateropzuiging door een levende plant.

Hoewel deze getallen betrekking hebben op de gematigde luchtstreek, mag men misschien wel aannemen, dat voor de tropen niet zoo heel veel verschillende cijfers gevonden zouden worden. De waarnemingen, die in de tropen gedaan zijn, loopen nogal uiteen; terwijl de eene onderzoeker de verdamping veel sterker vindt dan in de gematigde luchtstreek, komt de ander tot een tegenovergesteld resultaat. Men bedenke hierbij, dat natuurlijk de hoogere gemiddelde temperatuur de verdamping in het algemeen grooter zal maken, maar dat daartegenover de grootere vochtigheidstoestand van de atmosfeer en de langere nachten (in vergelijking met den zomer in Europa), waarbij vele huidmondjes gesloten zijn, in dien zin zullen werken, dat de verdamping in de tropen er door verminderd wordt.

Wanneer men afgesneden takken of ook geheele bewortelde planten in water plaatst en er voor zorg draagt, dat dit water aan de oppervlakte niet verdampen kan, is men in staat, door weging het

gewichtsverlies door verdamping na te gaan, terwijl de daling van het waterniveau de hoeveelheid opgezogen water aangeeft. Zulke toestellen die in allerlei vormen zijn geconstrueerd, heeten *transpirometers*; zij leeren, dat op den duur verdamping en wateropzuiging aan elkaar gelijk zijn, doch dat die gelijkheid gedurende korte tijden niet altijd gevonden wordt. In figuur 58 ziet men zulk een transpirometer afgebeeld, waar een bewortelde plant door een kurk heen luchtdicht op een flesch bevestigd is, die voorzien is van een open zijbuisje. Het geheel is met water gevuld, op het open niveau in het buisje is een weinig olie gebracht om de verdamping te verhinderen, terwijl het buisje zelf gecalibreerd is. Men kan nu door meting van de daling van het water niveau nagaan, hoeveel water er opgezogen is, terwijl weging van het geheele toestel de verdamping gedurende hetzelfde tijdsverloop zal leeren kennen.

Wanneer overdag de verdamping intensief is, wordt er zooveel water aan het hout onttrokken, dat de spanning daarbinnen kleiner wordt dan die van de atmosfeer; snijdt men dan zulk een tak onder kwik door, dan ziet men dit een heel eind in de vaten opstijgen. Door meting van de stijghoogte, laat zich natuurlijk berekenen, welke spanning er binnen de intacte plant heerschte. Het is wel duidelijk, dat wanneer zulk een tak in de lucht doorgesneden wordt, de spanning dadelijk gelijk gemaakt wordt aan die van de atmosfeer door het binnendringen van lucht. Dit kan dan ten gevolge hebben, dat wanneer die tak daarna in water geplaatst wordt er zulke groote luchtmassa's in het hout voorkomen, dat het water niet meer opgezogen kan worden. Men zal dus goed doen, takken, die men frisch wil houden, niet in de lucht af te snijden, maar dit onder water te doen, ten einde het binnendringen van lucht te voorkomen.

§ 34.

Enkele punten op het watertransport betrekking hebbende, zullen in deze § nog kort behandeld worden, daar het ondoenlijk is, het geheele probleem hier te bespreken. In de eerste plaats zij de volgende proef vermeld: wanneer men den stengel van een plant, die op een transpirometer staat, met een klemkraan dicht schroeft, kan men waarnemen, dat er een oogenblik komt, waarop geen water meer wordt opgenomen;

dit is het geval, zoodra men de vaten en tracheïden geheel heeft dichtgeschroefd. Opent men dan de klemkraan weer, dan wordt opnieuw water opgezogen. Bij sommige ziekten, zooals de serehziekte van het suikerriet, worden de houtvaten door een gomachtige massa verstopt; het is begrijpelijk, dat daarmee te gelijker tijd het watertransport door de vaten gestoord is.

Ten tweede moet even de vraag aangeroerd worden, of de levende elementen van het hout bij het watertransport meewerken. Men is in staat geweest stukken van een stam met behulp van kokend water over een aanzienlijke lengte te dooden, eens zelfs over een lengte van meer dan 10 meter. Boven het gedoode stuk bleef dan altijd een krachtig verdampende en dus wateropzuigende bladerkroon. Het is nu gebleken, dat het water toch ook door die doode deelen heen getransporteerd werd; een verklaring heeft men trachten te vinden in het voorkomen van doorloopende waterbanen in het hout, die ten gevolge van de groote cohaesie van het water buitengewoon moeilijk doorscheuren. Hiermee is echter niet aangetoond, dat het in de levende plant evenzoo gaat; uit de waarnemingen in het voorjaar met het bloedingsvocht gedaan, blijkt wel, dat ten minste in dien tijd de levende cellen van het hout in staat zijn bepaalde stoffen in de vaten en tracheïden te persen. Er zijn dan ook onderzoekers, die meenen, dat de levende elementen van het hout bij het watertransport wel meewerken; intusschen, afdoende proeven zijn tot nu toe niet genomen en het blijft dus een open vraag.

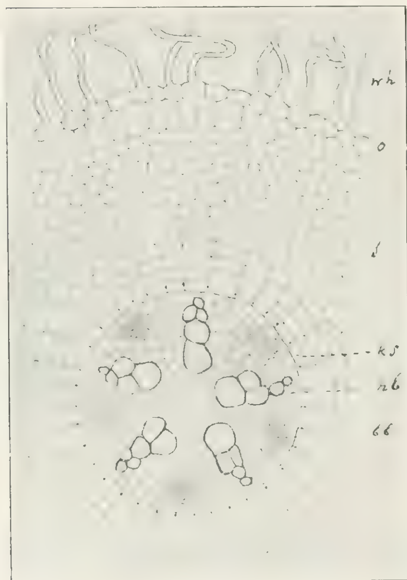


Fig. 59.
Doorsnede (dwars) door een jongen wortel. *o.* opperhuid met wortelharen *wh.*; *s.* schors; *ks.* kernscheede; *hb.* houtbundel; *bb.* bastbundel.

Hoe komt het water uit de wortelharen in het hout? Het moet daarvoor eerst de schorscellen van den wortel passeeren en daarna een laag van cellen, die bekend is onder den naam van *kernscheede*; men zie hiervoor de dwarse doorsnede van een wortel in figuur 59. De cellen daarvan sluiten aan een zonder intercellulaire holten, terwijl een kurkbandje voorkomt op de radiale en dwarse wanden, ten gevolge waarvan deze voor water impermeabel zijn. Het water moet dus, wanneer het binnen de kernscheede in het hout wil komen, den levenden protoplast der kernscheedecellen passeeren. Zoo kan dus de kernscheede de drukking daarbinnen regelen. Het is zeker opvallend, dat later bij de wortels der Eenzaadlobbige planten de celwanden van de kernscheede zich verdikken en verhouten, terwijl de levende inhoud verdwijnt, zoodat er dan in het geheel geen water meer door kan, behoudens door zeer enkele zoogenaamde *doorlaatcellen*. Nu correspondeert het gedeelte van de kernscheede met levenden inhoud geheel met dat deel van de wortels, waar de opperhuid levend is, dus in staat tot waterabsorptie. Bij Tweezaadlobbige planten vindt men deze eigenaardige ontwikkeling niet, waarschijnlijk omdat de kernscheede bij den lateren diktegroei spoedig wordt platgedrukt en zelfs, wanneer er kurk ontstaat, kan worden afgeworpen.

§ 35.

Een terugblik op de voeding van de hoogere plant leert dus, dat door de wortels een zeer verdunde oplossing van anorganische zouten in water wordt opgenomen. Deze stroomt door het hout naar de plaatsen van verbruik, in hoofdzaak de bladeren en de groeiende deelen. Het water wordt ten deele bij de verdamping afgegeven of bij het druppelen in vloeibaren vorm, ten deele bij de koolzuurassimilatie verbruikt, ten deele voor den groei van de plant gebezigd; daartegenover staat, dat er bij de ademhaling een zekere hoeveelheid water gevormd wordt.

De anorganische zouten worden in de bladeren verder verwerkt en komen daar in aanraking met de koolhydraten, die bij de koolzuurassimilatie in het licht uit het koolzuur van de lucht en het water gevormd zijn, waarbij zuurstof is afgegeven. Daarbij ontstaan meer samengestelde verbindingen, o.a. eiwitstoffen. Deze plastische voedingsstoffen worden dan, al of niet verder omgezet, van de bladeren uit

door den bast geleid naar de plaatsen van verbruik, dat zijn in hoofdzaak de groeipunten van wortel en stengel, maar ook verder alle levende cellen, die ademhalen; of wel zij worden tijdelijk afgezet in bewaarplaatsen van reservoedsel. Van hier uit kunnen zij dan dienst doen voor den groei en de ontwikkeling van jonge deelen, op het oogenblik, waarop deze nog niet groen zijn, dus nog niet in staat zijn, hun organisch voedsel uit het koolzuur van de lucht te bereiden.

Er is hier nergens sprake geweest van de vorming van speciale stoffen, die bij bepaalde kultuurplanten van belang zijn, zooals de rietsuiker bij het suikerriet, de kina-alkaloiden bij de kina, de caffeïne bij de koffie en zoo vele andere meer. Men weet van het chemisme in de plant, dat tot de vorming van die stoffen voert, meestal nog niet veel, maar voor zoover er iets van bekend is, behoort de bespreking daarvan meer thuis bij de behandeling van de kultuurplanten, waarin zij worden aangetroffen.

VOORTPLANTING, ERFELIJKHEID EN BASTAARDEERING

DOOR

F. A. F. C. WENT.

INHOUD.

Voortplanting.

§ 1.

Men spreekt van voortplanting, wanneer een deel van een plant zich zelfstandig tot een nieuw individu gaat ontwikkelen, nadat het van de moederplant los is geworden. Intusschen is het niet altijd even gemakkelijk, de grens tusschen gewonen groei en voortplanting aan te geven. Wanneer b.v. een plant met een wortelstok groeit, zullen de verschillende bovenaardsche deelen onder den grond met elkaar in verbinding staan door dien wortelstok; het geheel zal dus als een enkel individu beschouwd worden en wanneer zich een nieuwe bovenaardsche spruit vormt, zal men het woord groei bezigen. Nu komt het echter herhaaldelijk voor, dat een stuk van zulk een wortelstok afsterft; het gevolg zal kunnen zijn, dat de samenhang tusschen verschillende van die bovenaardsche deelen verbroken is. Men zal ze dus niet meer als een enkel individu kunnen beschouwen en het woord voortplanting gaan bezigen. Het gaat hiermee, zooals met allerlei indeelingen, die de mensch op het gebied van de levende natuur maakt; er zijn altijd overgangsgevallen, die zich niet in het keurslijf van de verdeeling laten dringen.

Het schijnt op het eerste gezicht, alsof dit een zuiver theoretische vraag is, maar toch hangt hier een vraagstuk van de praktijk mee samen; zonder te veel in bizonderheden te treden, kan het volgende hiervan gezegd worden. Wanneer men stekken van een plant gesneden heeft, die daarna tot afzonderlijke planten zijn opgegroeid, kan de vraag gesteld worden, of deze stekken te beschouwen zijn als deelen van het oorspronkelijke individu, dan wel als nieuwe individuën. De eerstgenoemde opvatting kan samengaan met de voorstelling, dat elk individu een bepaalden leeftijd niet kan overschrijden. Is dit inderdaad het geval, dan zal door dien leeftijd aan de vermenigvuldiging door stekken een grens gesteld zijn; voortdurende ongeslachtelijke voort-

planting zal dus tot de onmogelijkheden behooren, er zal op die wijze onvermijdelijk degeneratie moeten intreden. Men bedenke echter, dat deze geheele voorstelling steunt op de twee bovengenoemde veronderstellingen, waarvoor tot nu toe elk bewijs ontbreekt.

Het vraagstuk van de degeneratie, die het gevolg zou zijn van voortdurende ongeslachtelijke vermenigvuldiging, zal hier niet verder behandeld worden. Betrouwbare proeven hieromtrent ontbreken zoo goed als geheel en zijn trouwens ook niet gemakkelijk te nemen. Wel is er door voor- en tegenstanders zeer veel over geschreven, in het bizonder, waar het kultuurplanten betreft, die gewoonlijk vegetatief worden voortgeplant, zooals het suikerriet en de pisangs. Met het oog daarop mocht het vraagstuk hier niet geheel met stilzwijgen worden voorbijgegaan; deze korte woorden zijn echter voldoende, om te waarschuwen tegen overijlde gevolgtrekkingen hieromtrent.

Hetgeen hierboven gezegd werd omtrent de moeilijkheid van het trekken van een scherpe grens tusschen voortplanting en groei, geldt uitsluitend van de *ongeslachtelijke* of *vegetatieve* vermenigvuldiging. Daartegenover is de *geslachtelijke* of *generatieve* voortplanting zeer scherp te karakteriseeren; in dit geval ontwikkelt de jonge plant zich pas, nadat twee cellen, hetzij van hetzelfde individu of van verschillende individuën zich met elkaar vereenigd hebben. Men noemt dit proces *bevruchting*; nadat het heeft plaats gehad, is er dus als het ware een dubbele cel ontstaan en deze ontwikkelt zich dan tot een nieuwe plant.

Bij het groote onderscheid, dat er bestaat tusschen de ongeslachtelijke en de geslachtelijke voortplanting, zal het gewenscht zijn, ieder van deze processen afzonderlijk te behandelen en wel in de eerste plaats het eenvoudigste, de vegetatieve vermenigvuldiging. Alleen zullen enkele vormen er van, die afgeleid kunnen worden van de geslachtelijke voortplanting, later in verband daarmee behandeld worden.

§ 2.

Het eenvoudigste geval van ongeslachtelijke voortplanting treft men wel bij de bacteriën aan. Als voorbeeld kan de gewone hooibacil (Bacillus subtilis) dienst doen; dit is een bacterie, die men aan de oppervlakte van tal van plantendeelen kan aantreffen. Het zijn korte staafjes, uit een enkele cel bestaande, die zich door een tusschenschot

in tweeën deelen; zoodoende ontstaan twee nieuwe cellen, die los van elkaar geraken en die zoo twee nieuwe individuën geven. Hetzelfde heeft plaats bij de boterzuurbacteriën, die in fig. 60 sterk vergroot zijn afgebeeld, ten deele in een toestand van deeling. Het oude individu gaat hier dus in zijn geheel over in de twee nieuwe individuën, er blijft niets van achter, dat afsterft en het is dan ook begrijpelijk, dat men min of meer overdreven heeft kunnen spreken van de onsterfelijkheid van deze wezens.

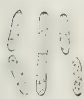


Fig. 60. Boterzuurbacteriën; in het midden deelingsstadium, links twee staafjes door deeling uit een zelfde ontstaan.

Deze en vele andere bacteriën kunnen zich nog op een andere wijze voortplanten, namelijk door middel van *sporen*. De protoplast trekt zich daarbij samen tot een bolvormig lichaampje, dat zich met een wand omgeeft; men ziet het in fig. 61 voor een boterzuurbacterie afgebeeld. De oude wand gaat dan te gronde en de spore kan onder gunstige omstandigheden tot een nieuw staafje uitgroeien. Zulke sporen bezitten in het algemeen een groot weerstandsvermogen tegen schadelijke uitwendige omstandigheden. Er kan nog opgemerkt worden, dat deze wijze van voortplanting dus niet gepaard gaat met vermenigvuldiging.



Fig. 61. Boterzuurbacterie met daarin zich vormende spore.

Een hoogere mate van differentiëering vindt men o.a. bij de gewone gist, (Saccharomyces cerevisiae). Dit is een eencellige schimmel; uit zulk een cel kunnen een of meer uitstulpingen ontstaan, zooals in fig. 62 is afgebeeld. Deze uitstulpingen worden langzamerhand grooter, worden dan door een tusschenschot van de moedercel gescheiden en leiden ten slotte geheel los daarvan een zelfstandig bestaan. Hier geeft de moedercel dus het aanzijn aan verschillende cellen, terwijl zij zelf daarbij te gronde gaat.



Fig. 62. Gistcellen met uitspruitsels, die zich tot nieuwe cellen ontwikkelen.

Onder bepaalde omstandigheden kan ook de gistcel inwendige sporen vormen, dan echter meestal ten getale van vier of een enkele maal acht; men zie hiervoor fig. 63. Met deze andere wijze van voortplanting gaat hier dus gepaard vermenigvuldiging. Deze sporevorming is verder nog in zooverre afwijkend van die bij de bacteriën, dat bij de gistcellen niet al het protoplasma bij de sporevorming verbruikt wordt, maar dat





Fig. 63. Verschillende gistcellen met sporen.

een gedeelte daaromheen overblijft, dat dan met den oorspronkelijken celwand te gronde gaat.

Nog een voorbeeld zij hier genoemd, dat op lagere planten en wel op schimmels betrekking heeft. Onder de lagere schimmels zijn een aantal gevaarlijke parasieten, die tot het geslacht Phytophthora behooren, b.v. de Phytophthora infestans, die de aardappelziekte teweeg brengt, de P. Nicotianae, veroorzaker van de bibitziekte van de tabak, de P. Theobromae, waaraan het zwart worden der cacaovruchten is toe te schrijven. In al die gevallen woekert het *mycelium* d.z. de draden, die geen voortplantingsorganen voortbrengen, binnen de voedsterplant. Daarnaast ziet men aan de oppervlakte enkele draden voor den dag komen, die buiten de opperhuid uitsteken; deze zijn vertakt en vormen aan hun top de eencellige voortplantingsorganen, die den naam van *sporangiën* dragen; men vindt ze afgebeeld in fig. 64*a* bij sp. Deze vallen af en kunnen dan in een druppel water kiemen, d.w.z. de protoplast verdeelt zich in een aantal kleinere. Daarna barst de wand en de kleine protoplasten komen als *zwermsporen* in vrijheid, zooals in fig. 64*b* en *c* is afgebeeld. Zij zijn voorzien van een paar trilharen en zwemmen

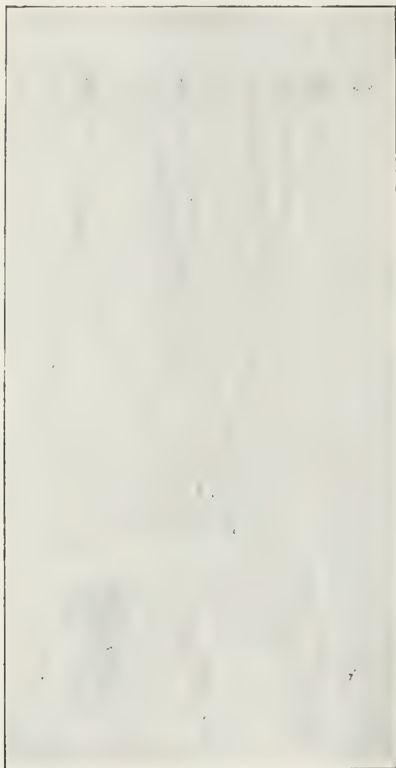


Fig. 64.

Phytophthora infestans, de schimmel van de aardappelziekte.

a. Opperhuid van een aardappelplant, waar uit een huidmondje een drietal conidiëndragers voor den dag komen, die sporangiën of conidiën (*sp*) vormen. *b*. Sporangium, waarvan de inhoud zich gedeeld heeft in zwermsporen en nu naar buiten treedt. *c*. vrije zwermsporen. *d*. kiemende zwermsporen *b*. *c*. en *d*. sterker vergroot dan *a*.

door het water rond. Komen zij nu in aanraking met een plant, waarop zij parasiteeren kunnen, dan zetten zij zich vast en groeien uit tot een schimmeldraad (fig. 64*d*), die deze plant infecteeren kan.

Het is niet wel mogelijk in een kort bestek een overzicht te geven van de vele vormen van ongeslachtelijke voortplanting bij schimmels, hetzij men de voortplantingsorganen nu sporen, zwemsporen of *conidiën* noemt. Voor den planter hebben deze zaken een zeker belang, wanneer het parasitaire schimmels betreft, omdat een rationeele bestrijding van zulke parasieten alleen dan mogelijk is, wanneer men weet hoe zij zich voortplanten. Uit den aard der zaak worden de belangrijkste dingen hieromtrent besproken in het hoofdstuk, dat over de plantenziekten handelt.

§ 3.

Hetgeen men bij hoogere planten waarneemt, is in beginsel niet verschillend van wat hier geschetst werd voor de schimmels en bacteriën. Alleen is het daar nooit een enkele cel, die losraakt van het moederlijke individu, maar altijd een groep van cellen. De grootste overeenstemming vindt men nog bij de vegetatieve voortplantingsorganen boven den grond, die in werkelijkheid niet veel anders zijn dan losrakende knoppen en die men dan ook bestempelt met den naam *broedknoppen*. Zeer bekend is dit verschijnsel bij sommige Agave's, o.a. bij de sisal (Agave rigida sisalana), waar de plaats van bloemen in de bloeiwijze ingenomen wordt door honderden broedknoppen, die inderdaad ook in de praktijk voor de vermenigvuldiging gebezigd worden. Veel meer voorbeelden vindt men echter bij zulke planten, die zich onderaardsch vegetatief voortplanten, inderdaad ook door losrakende knoppen, wat vooral bij de bollen, o.a. bij de uien en het knoflook, gemakkelijk te zien is, iets moeilijker daarentegen bij de knollen, zooals men ze b.v. bij de aardappelen aantreft. Gevallen waar de vegetatieve voortplanting meer iets bijkomstigs lijkt, vindt men o.a. bij de bladeren van sommige veel als sierplanten gekweekte varens, die losrakende knoppen dragen, of bij de bladeren van Bryophyllum calycinum, in West-Indië als wonderblad bekend, waar langs den bladrand knoppen worden aangetroffen, die uitloopen, wanneer de verbinding met de moederplant verbroken is.

Schijnbaar vertoont een Begoniablad veel overeenkomst met het wonderblad, maar inderdaad zijn er toch tamelijk veel punten van

verschil, hoewel men een Begonia-plant kan vermenigvuldigen, door een blad op vochtige aarde te leggen. Er ontwikkelen zich dan namelijk aan de basis van het blad knoppen en wortels, maar deze ontstaan uit een wondcallus; de knoppen waren dus vroeger niet aanwezig, maar zij vormen zich pas, nadat het blad is losgeraakt van het moederlijke individu. Men zal ook moeilijk kunnen beweren, dat deze wijze van voortplanting voor de Begonia's in de vrije natuur van belang is te achten.

Van zelf komt in aansluiting hieraan ter sprake de kunstmatige vermenigvuldiging, die door den mensch in een aantal gevallen wordt toegepast en waarbij min of meer wordt afgeweken van hetgeen de wilde natuur te zien geeft. Het stekken van Begoniabladeren is er een voorbeeld van, maar alle mogelijke gevallen van stekken en veredelen kunnen hiertoe gerekend worden; in de volgende § zullen deze nader besproken worden.

§ 4.

De mensch maakt op de allergrootste schaal gebruik van ongeslachtelijke vermenigvuldiging bij de pisangs, de bamboe en bij het suikerriet. In het laatste geval wordt de stengel in stukken gesneden; daarna worden die stekken onder zoodanige gunstige omstandigheden gebracht, dat de knoppen gaan uitloopen. Deze knoppen leven in den eersten tijd van hetgeen zij aan de stek onttrekken; na het uitloopen van de wortelbeginsels kan deze ook water uit den grond opnemen. Al spoedig echter loopen de eigen wortelbeginsels van de jonge stengeltjes uit en de knop wordt zoodoende tot een zelfstandige plant, tot een nieuw individu.

De wijze, waarop stekken van een aantal boomen genomen worden, is niet volkomen vergelijkbaar met hetgeen bij het suikerriet geschiedt. Immers, terwijl bij het suikerriet alleen een knop zich ontwikkelt, gaat bij die boomen de stek zelf deel uitmaken van het nieuwe individu.

De eenvoudigste manier, waarop men bij dit stekken te werk kan gaan, is wel deze, dat men een tak afsnijdt en dezen met het basale einde in vochtige aarde zet. Wanneer dan alles goed gaat, loopen aan dit basale gedeelte wortels uit, hetzij door het uitgroeien van reeds aanwezige wortelbeginsels of uit een zich daar vormend callus. Het behoeft echter wel geen betoog, dat zulke stekken gemakkelijk

aan uitdroging zijn blootgesteld, wanneer zich niet spoedig wortels vormen.

Wil men die kans op uitdroging voorkomen, dan wordt anders te werk gegaan. Men kan b.v. afleggers maken, dat wil zeggen, men kan een tak zoodanig ombuigen, dat een middenstuk onder de oppervlakte van den grond komt te liggen, terwijl de top met bladeren in de lucht blijft en het basale stuk in verbinding wordt gelaten met de moederplant. Zulk een tak bewortelt zich gemakkelijk op de plek, die zich in den grond bevindt. Snijdt men nu, nadat die wortels zich ontwikkeld hebben, de verbinding met de moederplant door, dan zal men een zelfstandig individu gekregen hebben, zonder dat het gevaar voor uitdroging ooit bestaan heeft.

Van hetzelfde beginsel wordt eigenlijk ook uitgegaan bij het maken van marcottes (tjangkoks), een bewerking, die in de tropen met voorliefde wordt toegepast. Men bevestigt dan een kluit aarde om een gedeelte van een tak en zorgt, dat deze aarde goed vochtig blijft. Op die plaats vormen zich nu gemakkelijk wortels; zijn die eenmaal ontstaan, dan snijdt men den tak aan het basale deel van die wortels door en plant de heele kluit in den grond; gevaar voor verwelken is hier nauwelijks aanwezig.

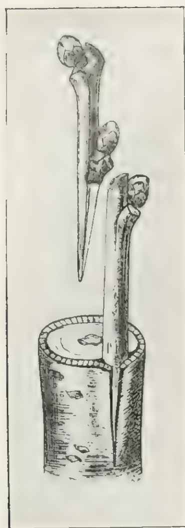


Fig. 65. Copuleeren.

Bij het veredelen of enten wordt een tak van een plant overgebracht op een tak van een andere, waarna men die twee laat vergroeien; de eerste kan dan na de vergroeiing dadelijk gebruik maken van de aanwezigheid van het wortelstelsel van de laatste; deze heet *wildstam* of *onderstam*, de eerste *entloot*.

Men kan hierbij op drie verschillende wijzen te werk gaan, namelijk *copuleeren*, of *enten* in engeren zin, of *oculeeren*. Welke werkwijze men ook volgt, steeds moet er voor gezorgd worden, dat de cambia van entloot en wildstam aaneensluiten, zoodat zij vergroeien kunnen.

Bij het copuleeren, dat in fig. 65 afgebeeld is, wordt de ent met een schuine sneevlakte glad afgesneden en een dergelijk vlak gemaakt op een tak van den wildstam, waarna die twee vast aan elkaar gebonden worden.


Fig. 66. Enten.

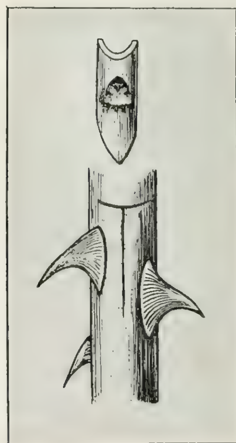
Bij het eigenlijke enten in de spleet, in fig. 66 afgebeeld, wordt de ent aan het ondereinde wigvormig toegespitst, dan in den tak van den wildstam een gelijkvormige wigvormige insnijding gemaakt, waarna de twee stukken in elkaar gezet worden en goed aan elkaar verbonden.

Bij het oculeeren, in fig. 67 afgebeeld, wordt een knop van de ent weggesneden met een driehoekig stukje van den bast met cambium, waaraan het gezeten was. In den tak van den wildstam maakt men een T-vormige insnijding, waardoor men hier den bast kan oplichten. Het driehoekige schildje wordt daarin geschoven en ook nu weer alles vast aan elkaar verbonden.

Dat de verbinding van entloot en wildstam ten slotte zeer innig wordt, kan wel hieruit blijken, dat de wederzijdsche cellen met elkaar communiceeren door zoogenaamde protoplasmaverbindingen, dat zijn protoplasmadraadjes, die door den celwand heen van de eene cel naar de andere loopen.

§ 5.

Wanneer men de eigenschappen van een stek vergelijkt met die van de moederplant, waarvan deze afkomstig is, dan zal men in het algemeen vinden, dat beide aan elkaar gelijk zijn; dit ligt eigenlijk zoo voor de hand, dat het bijna niet noodig schijnt, daarop afzonderlijk te wijzen. Toch zal daarover in een volgende § nog het een en ander opgemerkt worden. Hier echter moet een andere vraag besproken worden, namelijk of bij het enten eigenschappen van de entloot overgaan op den wildstam of omgekeerd.


Fig. 67. Oculeeren.

Het antwoord op deze vraag moet ontkennend luiden, ten minste wanneer onder

eigenschappen verstaan worden zulke, die erfelijk zijn. Het is wel volkomen waar, dat een plant, die groeit op een wildstam met een zeer sterk ontwikkeld wortelstelsel, daardoor zeer krachtig gevoed kan worden en ten gevolge daarvan een buitengewoon weelderige ontwikkeling kan vertoonen, maar dit is in beginsel hetzelfde verschijnsel, dat men waarneemt, wanneer men een plant, die op haar eigen wortelstelsel leeft, zeer krachtig bemest. Zoo laten zich in het algemeen allerlei veranderingen, die men in entloot of wildstam ziet optreden, verklaren door den gewijzigden voedingsstroom, in welke richting deze dan ook veranderd is.

Iedereen heeft trouwens wel eens waarnemingen gedaan, waardoor de zelfstandigheid van de beide samenstellende deelen na de enting duidelijk aan den dag treedt; er behoeft hier maar aan herinnerd te worden, dat beide deelen hun eigen karakteristieken diktegroei behouden, waardoor op de vergroeiingsplaats de stam gewoonlijk van dikte verandert.

Herhaaldelijk is de bewering geuit, dat eigenschappen van den moederstam op de entloot zouden kunnen overgaan of omgekeerd, maar waar een nauwkeurig onderzoek van de beschreven gevallen mogelijk was, gaf dit steeds het resultaat, dat men zich in zijn conclusies vergist had.

Twee gevallen moeten hier nog iets meer in bizonderheden behandeld worden. Vooreerst de *infectieuse chlorose*; wanneer een tak van een bonte Abutilon geënt wordt op een groene variëteit, kan deze groene moederstam ook bont worden, d.w.z. de bontheid kan zich vertoonen bij die bladeren, die zich na de enting ontwikkelen. Deze bontheid is echter een ziekte, een chlorose, vermoedelijk verwant met de mozaïekziekte der tabak; de ziekte is infectieus, kan dus door enting van een bonten op een groenen tak worden overgebracht. Uitwendige omstandigheden, vooral het licht, oefenen een sterken invloed uit op de mate van optreden van de ziekte, zoodat zieke exemplaren zelfs genezen kunnen, wanneer men ze in het donker plaatst. Door het zaad wordt deze bontbladigheid niet overgeplant.

De tweede schijnbare uitzondering zijn de zoogenaamde *entbastaarden*. Men kent voorbeelden daarvan bij den Gouden Regen en Purperen Regen, bij mispel en meidoorn en bij tomaat en zwarte nachtschade. Worden telkens twee van die planten op elkaar geënt (d.w.z. de twee, die nader verwant zijn), dan kan op de vergroeiingsplaats een knop

ontstaan, die bij uitgroeiing een vorm oplevert, welke in eigenschappen ongeveer het midden houdt tusschen de twee planten, waarvan men uitgegaan is. Het is gebleken, dat zulk een entbastaard bestaat uit cellen van beide planten afkomstig, die op bepaalde wijze ten opzichte van elkaar gerangschikt zijn; er is een zoogenaamde *chimaere* gevormd. Zoo is b v. Adam's Gouden Regen niets anders dan een gewone Gouden Regen, waarvan de opperhuid vervangen is door de opperhuid van den Purperen Regen. De Gouden Regen zit als een hand binnen een handschoen in een enkele laag van cellen van den Purperen Regen. Ook in de groeipunten is derhalve de buitenste cellaag afkomstig van een andere soort dan de meer naar binnen gelegene; elke soort van cellen behoudt daarbij dan echter volkomen haar karakteristieke eigenschappen. Dat ziet men o.a. bij de vorming van de geslachtscellen; men dient daarbij te weten, dat deze bij hoogere planten altijd ontstaan uit de op één na buitenste cellaag, dus uit die, welke onmiddellijk onder de opperhuid ligt. Wanneer het nu gelukt, nakomelingen van zulke chimaeren uit zaad op te kweeken, dan blijkt, dat deze volkomen overeenstemmen met den zuiveren vorm, waartoe de cellen behoorden, die onder de opperhuid lagen en daar onmiddellijk aan grensden. In het gegeven voorbeeld van Adam's Gouden Regen zou men dus bij uitzaaiing den zuiveren Gouden Regen voor den dag zien treden.

Hoe aantrekkelijk het onderwerp ook moge zijn, het is beter hier niet verder in bizonderheden te treden omtrent deze entbastaarden, daar zij vooralsnog voor den praktischen planter van geen direct nut zijn gebleken. Alleen in zooverre kunnen zij toch een nuttige les opleveren, als zij overtuigend leeren, hoezeer de twee vormen bij enting hun eigenschappen onafhankelijk van elkaar behouden, zelfs wanneer zij elkaar in zoodanige mate doordringen, als bij de chimaeren het geval is.

§ 6.

De geslachtelijke voortplanting, die thans behandeld zal worden, is gekenmerkt door de eigenaardigheid, dat daarbij nooit een enkele cel voldoende is voor de vorming van een nieuwe plant, maar dat steeds twee cellen met elkaar moeten versmelten; bij deze versmelting vereenigen zich ook de kernen met elkaar. Uit het vereenigingsproduct,

de *zygote,* die men een dubbele cel met een dubbele kern zou kunnen noemen, ontwikkelt zich de jonge plant.

Alleen bij enkele van de allerlaagste planten zijn die twee *gameten* volkomen aan elkaar gelijk; meestal echter is er ongelijkheid in zooverre, dat de eene cel veel grooter is dan de andere, veel meer protoplasma bevat en meestal in verbinding blijft met de moederplant. Deze cel wordt *vrouwelijke* gameet of *eicel* genoemd, de andere, die dikwijls uit niet veel meer dan een kern met een dun omhulsel van protoplasma bestaat, wordt *mannelijke* gameet of *spermatozoïde* geheeten. De eicel bevat meestal tamelijk veel reservevoedsel of kan dit ten minste van de moederplant opnemen, zoodat na de bevruchting de jonge zygote zich eerst een tijd lang op die wijze krachtig ontwikkelen kan, voordat zij tot zelfstandige plant gaat uitgroeien. De aandacht wordt er hier nog op gevestigd, dat terwijl de hoeveelheid protoplasma van eicel en spermatozoïde zeer verschillend is, er geen of weinig onderscheid bestaat tusschen de kernmassa's van de beide ongelijke gameten.

De wijze, waarop de bevruchting bij de lagere planten plaats heeft, is voor den planter van geen direct praktisch belang. Een uitzondering zouden alleen die schimmels vormen, welke als parasieten bij hoogere planten optreden. Maar hier vindt men in het algemeen zulke gecompliceerde verhoudingen en bovendien zulk een verscheidenheid bij de verschillende vormen, dat in een betrekkelijk kort artikel dit onderwerp niet afdoende behandeld kan worden. Waar het noodig is, zal op deze zaak bij de behandeling van de ziekteverschijnselen der kultuurgewassen gewezen worden.

De bevruchting der hoogere planten is daarentegen voor den planter van zeer groot gewicht, omdat daarvan in het algemeen vruchtzetting en zaadvorming afhangen. Dat is dan ook de reden, waarom hier over dit onderwerp iets meer in bizonderheden gehandeld zal worden. Daarbij kan dadelijk opgemerkt worden, dat er in beginsel niets anders gebeurt dan hetgeen hierboven als type van de bevruchting werd aangegeven; maar er komen een aantal details bij, die het proces schijnbaar ingewikkelder maken.

Het zal goed zijn, eerst kort te herinneren aan den bouw van een normale bloem en dit te doen aan de hand van een voorbeeld; als zoodanig kan dienst doen de tabak. De bloemen zijn hier vereenigd tot een pluimvormige bloeiwijze, die aan het einde van den stengel

gezeten is. Onderzoekt men een enkele bloem, (zie fig. 68*a*), dan blijkt, dat deze omgeven is door een groenen vijfslippigen kelk, die in den knoptoestand de verdere bloemdeelen beschutte; daar binnen is een lange buis- tot trechtervormige bloemkroon te vinden, die roodachtig van kleur is en eveneens in vijf slippen uitloopt, terwijl de geslachtsdeelen hierdoor omsloten worden. Snijdt men de bloemkroon open, dan ziet men de vijf meeldraden (fig. 68*b*), die er aan het ondereinde mee vergroeid zijn; elke meeldraad bestaat uit een langen dunnen helmdraad en uit een helmknop. De helmknop bevat twee hokjes, die

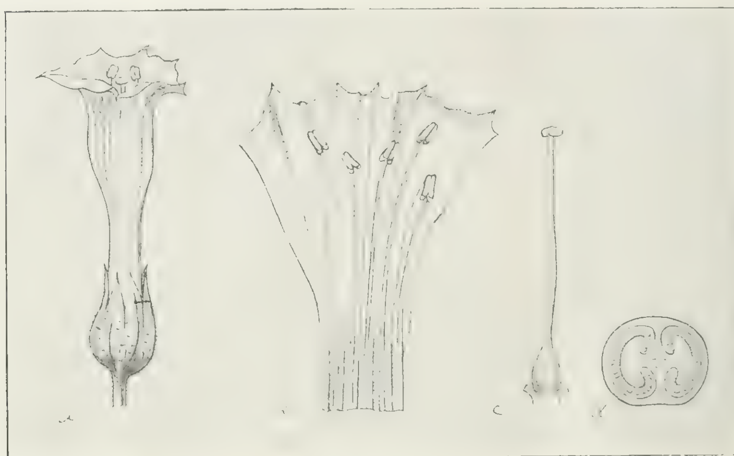


Fig. 68.
Bloem van de tabak.
a. Geheele bloem. *b*. Opengesneden bloemkroon. *c*. Stamper. *d*. Doorgesneden vruchtbeginsel.

bij rijpheid openspringen en die daarbij het stuifmeel naar buiten ontlasten. Zooals hieronder blijken zal, bestaat een stuifmeelkorrel uit een enkele cel; wil er bevruchting plaats hebben, dan moet dit stuifmeel terecht komen op den stempel van een stamper. In het midden van de bloem vindt men namelijk het vrouwelijke geslachtsorgaan, den stamper (fig. 68*c*); deze bestaat uit een onderste opgezwollen deel, het vruchtbeginsel, verder uit een langen stijl en eindelijk uit een stempel of uit meer stempels. De stempel is kleverig en met papillen bezet;

vandaar voert een nauwe buis, het stijlkanaal, door den stijl heen naar de holte van het vruchtbeginsel. Hier is deze holte in tweeën gedeeld (zie fig. 68*d*), zoodat het vruchtbeginsel tweehokkig is; in andere gevallen kan het aantal van die hokjes grooter zijn, of wel er is maar een enkele holte. In elk geval vindt men in het vruchtbeginsel een of meer *zaadkoeken* of *placenta's* — in het hier behandelde geval twee — en deze dragen een zeker aantal *zaadknoppen*.

Na bevruchting ontstaat uit een zaadknop een zaad, terwijl het vruchtbeginsel verandert in vrucht.

§ 7.

Boven werd reeds opgemerkt, dat alleen dan bevruchting kan plaats hebben, wanneer stuifmeel op den stempel terecht komt. Daar, waar tweeslachtige bloemen worden aangetroffen, kunnen zich nu drie gevallen voordoen: het stuifmeel kan afkomstig zijn uit dezelfde bloem, of uit andere bloemen van hetzelfde individu, of eindelijk uit bloemen van een andere plant. Het laatste geval wordt als *kruisbestuiving* onderscheiden van de twee andere, die men met den naam *zelfbestuiving* aanduidt.

Bij eenslachtige bloemen moet het stuifmeel natuurlijk altijd afkomstig zijn van een andere bloem, maar wanneer mannelijke en vrouwelijke bloemen op dezelfde plant worden aangetroffen *(eenhuizige planten)*, zooals bij den kokospalm en de maïs, kan het stuifmeel nog van hetzelfde individu, zij het dan ook van een andere bloem komen. Bij *tweehuizige* daarentegen, waar mannelijke en vrouwelijke bloemen op verschillende individuën te vinden zijn, *moet altijd* kruisbestuiving plaats hebben; voorbeelden vindt men bij den dadelpalm, de hennep en de papaja.

Er werd reeds op gewezen, dat zich bij tweeslachtige planten verschillende mogelijkheden voordoen. Men meende vroeger, dat daar kruisbestuiving regel, zelfbestuiving uitzondering zou zijn; maar meer en meer blijkt, dat hieromtrent geen algemeene regels te stellen zijn. Er bestaan bloemen, waar iedereen reeds na een oppervlakkige beschouwing zal zien, dat slechts een van de twee wijzen van bestuiving mogelijk is.

Zoo zijn er bloemen, die men *kleistogaam* noemt en die zich nooit openen; men treft ze o.a. aan bij de familie der Anonaceae, waartoe de zuurzak, de sirikaja en de boewa nonna behooren. Hier *moet* natuurlijk uitsluitend zelfbestuiving voorkomen.

Daartegenover staan andere, zooals de bloemen der Orchideae, waar het stuifmeel uit zichzelf niet op den stempel terecht kan komen, in dit geval, omdat het tot klompjes vereenigd is, die niet dan met van buiten aangebrachte hulp uit hun hokjes verwijderd worden; vandaar dat men bij de bloemen van deze familie, dus b.v. van de vanielje, de bestuiving kunstmatig tot stand moet brengen. Of wel de inrichting der bloem is zoodanig, dat eerst de meeldraden open gaan, terwijl de stempels pas rijp worden, nadat het stuifmeel verdwenen is; deze bloemen verkeeren dus eerst in een mannelijk, daarna in een vrouwelijk stadium.

In andere gevallen moet een nauwkeurig onderzoek leeren, wat regel is, kruis- of zelfbestuiving; redeneeringen a priori helpen hier niets en hebben dan ook dikwijls tot de grootste fouten geleid. Zoo heeft men de vermoedelijke bestuiving van sommige Teunisbloemen beschreven, terwijl later kon worden aangetoond, dat het stuifmeel hier op de stempels terecht komt, terwijl deze nog binnen de gesloten knoppen liggen, zoodat hier altijd zelfbestuiving voorkomt.

Hoe wordt nu bij kruisbestuiving het stuifmeel overgebracht op de stempels van een andere bloem? Dit kan geschieden door den wind of door insecten, een enkele maal ook wel door honigvogels of colibris of bij waterplanten door het water. Wanneer bloemen veel en droog stuifmeel voortbrengen en de stempels groot en dikwijls veervormig vertakt zijn, dan kan het stuifmeel gemakkelijk door den wind van de eene bloem naar de stempels van een andere worden overgebracht. Zulke bloemen spelen in de tropen echter geen zeer belangrijke rol, zeker treden zij er minder op den voorgrond dan in de gematigde luchtstreek het geval is, waar vele boomen windbestuiving vertoonen.

In zeer vele gevallen wordt het stuifmeel door insecten van de eene bloem naar de andere overgebracht; het moet daartoe eenigszins kleverig zijn en wordt dan gemakkelijk meegenomen door een insect, dat de bloem bezoekt. Deze bezoeken worden gebracht, omdat vele bloemen voor tal van insecten een zekere aanlokking bezitten, hetzij omdat deze er honig in vinden of omdat zij er stuifmeel uit verzamelen. Kleuren en geuren zijn dan de middelen, waardoor de insecten ook uit de verte op de bloemen opmerkzaam worden gemaakt.

Het is hier de plaats niet, om dit in bizonderheden uiteen te zetten; er zou te veel ruimte benoodigd zijn, om ook maar enkele

hoofdzaken te bespreken uit de bestuivingsleer, die zich in de laatste eeuw zoo sterk heeft ontwikkeld. Erkend dient te worden, dat deze leer rijk is aan onbewezen beweringen en dat het aantal goed geconstateerde feiten op dit gebied niet zoo bizonder groot is. Maar de praktische planter moet er rekening mede houden, dat voor vruchtzetting en zaadvorming van zijn gewassen bestuiving noodig is; hij moet dit vooral doen, wanneer hij bastaardeeringen wil uitvoeren. Hij moet dan in de eerste plaats weten, of zelfbestuiving dan wel kruisbestuiving regel is bij het bewuste gewas en in het laatstgenoemde geval, hoe het stuifmeel overgebracht wordt, door den wind dan wel door insecten; bovendien moet hij dan nog weten, welke insecten dit zijn. Dit alles behoort echter ter sprake te komen bij de behandeling van elke kultuurplant afzonderlijk, zoodat het hier gevoegelijk buiten bespreking kan blijven.

§ 8.

Het lijkt gewenscht, even in aansluiting aan het voorgaande de vraag te bespreken, of voortdurende zelfbestuiving tot achteruitgang van de soort leidt. Inderdaad heeft men zeer lang gemeend, dat dit het geval zou zijn en dat daarom kruisbestuiving, ook daar, waar gewoonlijk zelfbestuiving voorkomt, van tijd tot tijd noodzakelijk zou zijn. Het is echter in den laatsten tijd wel afdoende gebleken, dat deze opvatting niet op voldoende gronden steunt.

Vooreerst zijn er zeker planten, waar nooit sprake *kan* zijn van kruisbestuiving, zooals die, welke uitsluitend in het bezit zijn van kleistogame bloemen, maar bovendien geven de proeven, die vroeger omtrent deze vraag genomen zijn, geen recht om daaruit de voorstelling af te leiden, die tot voor korten tijd de algemeen heerschende was. Uit die proeven bleek toch, dat in een zeker aantal gevallen bij kruisbestuiving zwaardere zaden ontstaan, die bij kieming krachtiger planten opleveren dan bij zelfbestuiving, in andere gevallen echter niet. Bij sommige van de hier bedoelde proeven was de verhouding van de lengte der door kruisbevruchting ontstane zaden tot die, welke door zelfbevruchting ontstaan waren als 10 : 7. Een voortdurend voortgezette zelfbestuiving gaf echter geen andere verhouding, gaf dus geen verdere achteruitgang van de planten. Bovendien werden deze proeven genomen

met tuinbouwvariëteiten, die waarschijnlijk bastaarden waren, waar de kruisbestuiving vermoedelijk steeds met bastaardeering gepaard ging.

In den tijd, waarin die proeven genomen werden, kon de aandacht op dit punt nog niet vallen, omdat men toen van bastaarden nog weinig wist; thans maakt onze meerdere kennis in dat opzicht ons voorzichtig, om uit deze proeven zulke verstrekkende gevolgen af te leiden. Het is bekend, dat bastaarden dikwijls krachtiger planten zijn dan de ouderlijke vormen, die men met elkaar gekruist heeft. In den laatsten tijd is dit punt opzettelijk onderzocht bij maïs en bij tabak. Maïs vertoont in de natuur gewoonlijk kruisbestuiving en hier bestaat een veld vermoedelijk uit een mengsel van allerlei bastaarden. Zelfbestuiving geeft hier dan ook een vermindering van de opbrengst. Bij tabak vindt in de natuur geregeld zelfbestuiving plaats; kruist men daar nu twee met elkaar overeenkomende vormen, dan wordt de opbrengst niet grooter, wel wanneer men die kruising uitvoert tusschen twee rassen van de tabak, die vele punten van verschil vertoonen.

Vooralsnog zal men dus goed doen niet te gelooven aan het een of andere schadelijke gevolg, dat onvermijdelijk zou moeten optreden bij voortdurende zelfbestuiving van eenige plant. Men houde daarbij echter in het oog, dat latere proeven ons wellicht enkele planten zullen leeren kennen, waarbij dit gevolg wel opgemerkt wordt.

§ 9.

Het zal thans noodig zijn, meer in bizonderheden na te gaan, hoe eigenlijk de bevruchting tot stand komt. De stuifmeelkorrels, die op den stempel terecht zijn gekomen, kiemen daar en vormen een *stuifmeelbuis*, die door het stijlkanaal naar binnen groeiende in de holte van het vruchtbeginsel, ten slotte zich aanlegt tegen een van de zaadknoppen.

De stuifmeelkorrel is oorspronkelijk ééncellig met één kern; maar deze cel deelt zich al spoedig in tweeën, zoodat er twee eenkernige cellen ontstaan, zooals men in fig. 69*a* ziet afgebeeld. De beide kernen dringen in de stuifmeelbuis en zijn dan in den top daarvan te vinden (men zie de fig. 69*b*). Een daarvan, de zoogenaamde *vegetatieve*, die vooraan gaat bij het uitgroeien van de stuifmeelbuis, blijft ongedeeld, de andere deelt zich nog eens en zoo ontstaan de beide *generatieve* kernen (fig. 69*c*),

zoodat op het oogenblik, waarop de stuifmeelbuis binnen dringt in den zaadknop, er in den top van die buis een drietal kernen ligt.

De zaadknop is niet altijd op geheel dezelfde wijze gebouwd; voor dit korte overzicht lijkt het gewenscht, het meest voorkomende type te beschrijven en de betrekkelijk geringe afwijkingen, die men er van kan aantreffen, buiten beschouwing te laten. Wanneer men fig. 70 beschouwt, waar een overlangsche doorsnede te zien is van een stamper met den zaadknop, die in het vruchtbeginsel er van opgesloten ligt, dan ziet men dat de zaadknop aan de buitenzijde omgeven is door een tweetal *integumenten*, omhullende vliezen, die op een plek, het *vaatmerk* of de *chalaza*, met den zaadknop samenhangen, maar er verder los omheen liggen en die een kleine opening onbedekt laten, het *poortje* of de *mikropyle*; de zaadknop zit met een *navelstreng* vast aan de placenta van het vruchtbeginsel. Het eigenlijke lichaam van den zaadknop, de *nucellus*, bevat een zeer groote holte, die *kiemzak* of *embryozak* genoemd wordt. In dezen kiemzak liggen aan de eene zijde drie cellen, *antipoden* genaamd, aan de andere zijde naar het poortje toe, drie andere cellen, waarvan er een de *eicel* is, de beide andere de zoogenaamde *helpsters* of *synergiden* zijn; in den kiemzak liggen verder een tweetal kernen, de *poolkernen*.

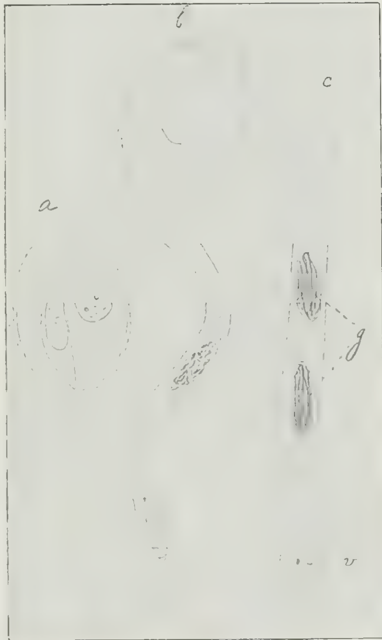


Fig. 69.
Kiemende stuifmeelkorrels.
a. Tweecellig stadium. *b.* Begin van de vorming van de stuifmeelbuis, waarin de beide cellen binnendringen. *c.* Top van een oudere stuifmeelbuis met één vegetatieve (v) en twee generatieve (*g*) kernen.

De stuifmeelbuis dringt nu door het poortje naar binnen, werkt zich vervolgens door de oppervlakkige lagen van den nucellus heen en



Fig. 70.

Overlangsche doorsnede door een stamper met één enkelen zaadknop in het vruchtbeginsel en één stuifmeelkorrel, die tot een stuifmeelbuis is uitgegroeid. (schematisch). *sk* stuifmeelkorrel; *ste* stempel; *stk* stijlkanaal met stuifmeelbuis; *nstr* navelstreng; *nav* navel; *vm* vaatmerk; *bu i* buitenste- en *bi i* binnenste integument; *p* poortje met stuifmeelbuis; *n* nucellus; *kz* kiemzak; *a* antipoden; *pk* poolkernen; *ee* eicel met de beide syneriden.

legt zich dan met zijn top tegen den kiemzak aan. Daarna opent de top van de stuifmeelbuis zich en de beide generatieve kernen dringen binnen in den embryozak. De eene versmelt met den kern van de eicel, waardoor deze uit den toestand van gameet overgaat in dien van zygote, de andere vereenigt zich met de twee ook met elkaar versmeltende poolkernen. In hoeverre bij deze versmeltingen ook vereeniging van vrouwelijk en mannelijk protoplasma plaats heeft, is niet met zekerheid te zeggen. Tegenover ontkenningen van de eene zijde, waar het dit vraagstuk betreft, staan bevestigingen aan den anderen kant; het is een zaak, die in elk geval zeer moeilijk zal zijn uit te maken.

Het ontstaan van de stuifmeelkorrels en van den embryozak wordt hier niet behandeld; maar enkele zaken moeten er toch van vermeld worden. Vooreerst zij herinnerd aan het boven reeds vermelde feit, dat beide aangelegd worden in de laag van cellen, die onder de opperhuid gelegen is; op dezen regel is geen enkele uitzondering bekend geworden. In de tweede plaats, dat bij het ontstaan zoowel van de stuifmeelkorrels als van den kiemzak, de kernmassa tot op de helft gereduceerd wordt, of ten minste een belangrijk bestanddeel van den kern, de kernlissen. Deze zijn in het algemeen bij elke plant in constant aantal aanwezig; zij deelen zich bij elke kerndeeling overlangs, zoodat de beide nieuwe kernen weer hetzelfde aantal kernlissen bevatten. Alleen bij het ontstaan van het stuifmeel en van den kiemzak vindt een kerndeeling plaats, waarbij het aantal kernlissen tot op de helft wordt teruggebracht. Bij de daaropvolgende deelingen blijft dit zoo en dus zullen ook de generatieve kern van de stuifmeelbuis en de kern van de eicel dit halve aantal kernlissen bevatten. Bij de bevruchting vereenigen die twee zich met elkaar en zoo is het normale aantal kernlissen weer hersteld. De kern van de zygote kan dus als een dubbele kern beschouwd worden, terwijl die van de gameten enkel is.

§ 10.

Met de bevruchting van de eicel begint als het ware een nieuwe plant; deze blijft echter voorloopig nog binnen de moederplant besloten en wordt door haar gevoed. Het eerste teeken van ontwikkeling is een celdeeling, die spoedig door andere gevolgd wordt; daardoor ontstaat

een rij van cellen, die men *kiemdrager* noemt en die aan den top een min of meer bolvormig lichaampje draagt, den *kiemkogel*, zooals dit afgebeeld is in fig. 71. Daar heeft die kiemkogel zich reeds verder gedifferentieerd, zoodat men er al een tweetal zaadlobben aan kan onderscheiden, daartusschen ligt de knop, die tot het bebladerde stengeltje zal uitgroeien en die men met den naam *pluimpje* bestempelt, zoolang deze nog in het zaad besloten ligt. Tegenover het pluimpje ontwikkelt zich het *worteltje*, dat tot hoofdwortel van de plant zal worden. Bij de Eenzaadlobbigen gaat dit worteltje bij de kieming dadelijk te gronde; het wordt dan vervangen door een aantal bijwortels, die uit den voet van den stengel ontspruiten; hier is verder natuurlijk maar een enkele zaadlob te vinden, die op den top van de kiem zit, terwijl het pluimpje zijdelings ontstaat.

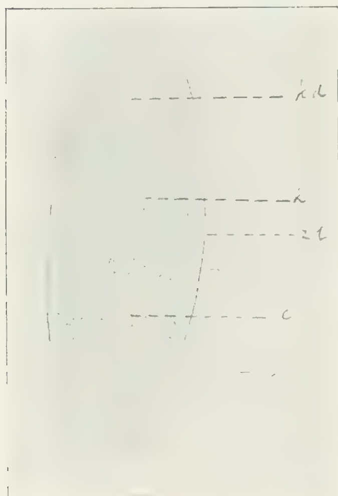


Fig. 71.
Endosperm met kiem van een Tweezaadlobbige plant. *e.* endosperm; *kd.* kiemdrager; *k.* kiem *zl.* zaadlobben; *n.* nucellus.

Ondertusschen is ook de bevruchte kern van den embryozak in een deelingsstadium overgegaan; de beide zoo ontstane kernen hebben zich weer gedeeld en zoo zijn er langzamerhand 64 of 128 kernen in den kiemzak ontstaan. Hiertusschen vormen zich nu celwanden, zoodat de kiemzak gevuld wordt met een weefsel, dat den naam *endosperm* gekregen heeft en dat men ook in fig. 71 vindt afgebeeld.

Bij de ontwikkeling van zaadknop tot zaad kan men nu verschillende gevallen onderscheiden, naar gelang van de mate, waarin de weefsels van den zaadknop nog in het zaad terug te vinden zijn. Het meest eenvoudige is wel dat, hetwelk men aantreft bij de peper en dat in overlangsche doorsnede is afgebeeld in fig. 72. Daar vindt men bij het rijpe zaad een zaadhuid, die ontstaan is uit de integumenten van den zaadknop, daarbinnen een *perisperm*, dat niets anders is dan het uitgegroeide nucellusweefsel, waarvan de cellen zich met reserve-



Fig. 72.
Pepervrucht overlangs doorgesneden.
k. kiem; *e.* endosperm; *p.* perisperm; *zh.* zaadhuid; *vw.* vruchtwand.

voedsel hebben gevuld. Daarbinnen ligt het endosperm, dat hier zeer klein is en dat eindelijk op zijn beurt weer de kiem omgeeft.

Meestal bevat het rijpe zaad geen perisperm, daar het nucellusweefsel tijdens de ontwikkeling platgedrukt wordt, zoodat de resten er van nu mee gebruikt worden voor de vorming van de zaadhuid; daar binnen ligt dan dadelijk het endosperm, dat weer de kiem omgeeft. Zoo is het bij de meerderheid van de zaden; als voorbeelden mogen genoemd worden de koffie en de grassen. Van laatstgenoemde plantenfamilie vindt men een voorbeeld afgebeeld in fig. 73, die een voorstelling geeft van een overlangsche doorsnede van een rijstkorrel. Het eigenaardige verschijnsel doet zich hier voor, dat de kiem bij haar ontwikkeling tegen het endosperm aan is komen te liggen in plaats van er aan alle kanten door omsloten te worden. Rijst heeft als eenzaadlobbige plant slechts een enkele zaadlob; deze doet ten deele als zuigorgaan dienst, zooals dit ook bij andere Eenzaadlobbigen voorkomt, o.a. bij de palmen.

In nog andere gevallen wordt het weefsel van het endosperm als voedsel



Fig. 73
Rijstkorrel, overlangs doorgesneden.
k kiem, *zh* vruchtwand en zaadhuid met elkaar vergroeid.

gebruikt door de zich ontwikkelende kiem, terwijl deze nog binnen het zaad besloten ligt; ten gevolge daarvan zijn dan in het rijpe zaad dikwijls ter nauwernood nog resten van het endosperm te vinden, of wel deze resten maken deel uit van de zaadhuid. Zoo is het b.v. bij vele peuldragende gewassen, zooals iedereen wel eens gezien heeft bij boonen. Hier treft men binnen de zaadhuid dadelijk de groote zaadlobben aan; alleen een mikroskopisch onderzoek kan leeren, dat er nog resten van het endosperm te vinden zijn. Men zou dit geval ook aldus kunnen omschrijven, dat, terwijl de jonge plant het reservevoedsel van het endosperm meestal tijdens de kieming verbruikt, dit hier geschiedt, terwijl het zaad nog binnen de vrucht besloten ligt. Een principieel onderscheid is er dus niet; men zal hiervan wel overtuigd raken, wanneer men bedenkt, dat het tamelijk willekeurig is, om de kieming pas te laten beginnen op het oogenblik, waarop wortels en pluimpje buiten het zaad te voorschijn komen.

Met den overgang van zaadknop tot zaad gaan veranderingen gepaard in de verdere bloemdeelen, die leiden tot vruchtvorming. Meestal vallen kelk en bloemkroon af, in enkele gevallen werken zij mee tot de vorming der vrucht. Steeds echter ondergaat de wand van het vruchtbeginsel daarbij aanzienlijke veranderingen, somtijds ook de bloembodem.

Het is hier niet de plaats, om deze veranderingen te bespreken; evenzoo kan in het midden gelaten worden op welke wijze de zaden in de natuur verspreid worden, hetzij door luchtstroomingen, zeestroomingen of door dieren (vogels, mieren, enz.). Hoe belangrijk dit alles ook moge zijn, voor den praktischen planter is de kennis daarvan niet in de eerste plaats van waarde. Misschien is het alleen goed, dat er even opmerkzaam op wordt gemaakt, dat zaden door den wind gewoonlijk slechts over geringe afstanden worden verplaatst, tenzij zij door hun geringe afmetingen in staat zijn zeer lang zwevende te blijven (zaden der Orchideae, sporen der varens), of voorzien zijn van zweefinrichtingen.

§ 11.

Hierboven is aangegeven, dat met de ontwikkeling van zaadknop tot zaad de verandering van vruchtbeginsel tot vrucht samengaat. Men neemt aan, dat de aanleidende oorzaak tot die vruchtvorming te zoeken

is in de zich ontwikkelende zaadknoppen, maar men kent toch ook met zekerheid gevallen, waar die oorzaak gezocht moet worden in het stuifmeel, dat op den stempel terecht komt; men denkt daarbij aan de werking van de een of andere chemische stof, doòr dat stuifmeel afgescheiden, wellicht een enzym.

In elk geval zijn er voorbeelden bekend geworden van vruchtzetting, zonder dat er zaden gevormd worden, van zoogenaamde *parthenocarpie.* Iedereen in de tropen kent het voorbeeld van de pisangs, die vrucht zetten, zonder dat er zich in normale omstandigheden zaden in ontwikkelen; andere gevallen zijn bekend voor de rozijnen zonder pitten, sommige peren, appelen, komkommers, enz. In sommige van die gevallen is dan wel een bestuiving noodig, om de vruchtvorming te doen plaats hebben, in andere daarentegen kan het stuifmeel volkomen gemist worden.

Dit brengt er vanzelf toe, die planten te bespreken, waar een eicel zich zonder bevruchting tot kiem kan ontwikkelen, welk verschijnsel meestal met den naam *parthenogenesis* wordt aangeduid. Ondertusschen verstaan niet alle onderzoekers onder parthenogenesis geheel hetzelfde; nog een tweede term wordt gebezigd voor de hier bedoelde verschijnselen, namelijk *apogamie.* Het is hier de plaats niet, om dit strijdpunt nader uiteen te zetten, vooral omdat het in laatste instantie neerkomt op de gebezigde definitie. Voor den lezer van dit werk zal het wel het eenvoudigste zijn, wanneer men den term parthenogenesis beperkt tot die gevallen, waar een eicel met het halve aantal kernlissen zich ontwikkelt tot een volwassen plant zonder dat bevruchting heeft plaats gehad. Dit geval is bij planten tot nu toe niet waargenomen; in alle onderzochte gevallen was het aantal kernlissen niet gehalveerd, zoodat men daar dus spreken moet van apogamie. Voor de praktijk doet het verschil in elk geval niet veel ter zake, hoewel het onderscheid in theoretisch opzicht groot is.

Een vijftiental jaren geleden meende men, dat deze verschijnselen in het plantenrijk niet of hoogst zelden voorkomen, maar sedert dien tijd is het aantal gevallen, waar men met zekerheid tot apogamie moet besluiten, voortdurend stijgende. Men treft deze volstrekt niet alleen bij lagere planten aan, maar ook bij een aantal hoogere, waaronder enkele zeer algemeen verspreide gewassen; als voorbeeld zij hier een zeer bekend onkruid der Noordelijke gematigde luchtstreek genoemd,

namelijk de paardebloem. Ook in de tropen zijn een aantal gevallen van apogamie bekend geworden, tot nu toe echter alleen bij planten, die niet technisch gebezigd worden (soorten van Ficus, Elatostemma, Wickstroemia, enz.).

Het is voor den planter van belang, de mogelijkheid in het oog te houden, dat apogamie ook bij kultuurplanten zou kunnen voorkomen; vooral moet men hierop letten, wanneer men bastaardeeringsproeven wil nemen. Wel weet men in eenige gevallen zeker, dat geen apogamie voorkomt, maar bij vele kultuurgewassen heeft men daaromtrent eigenlijk nog geen zekerheid. Onder de tropische kultuurplanten, waar men apogamie veronderstelt, kan de papaja genoemd worden.

Erfelijkheid.

§ 12.

Wanneer over erfelijkheid gesproken wordt, moet men zich wel zeer duidelijk voor oogen houden, dat zoowel de vorm als de inwendige bouw van een plant in sterke mate den invloed ondergaan van de uitwendige omstandigheden; dit werd reeds ten deele besproken onder het hoofdstuk „Groei".

De groote invloed, dien uitwendige omstandigheden op vorm en bouw van een plant uitoefenen, is het overtuigendste gebleken bij proeven, die ten doel hadden, de werking van het alpine klimaat op een plant na te gaan. Voor die proeven werd gebruik gemaakt van planten met wortelstokken; zulk een wortelstok werd in tweeën gesneden, de eene helft beneden in de vlakte verder gekweekt, de andere in het hooggebergte. Op die wijze was men natuurlijk zeker, dat men deelen van hetzelfde individu met elkaar vergeleek.

Het bleek daarbij, dat er een groot verschil in uiterlijk was tusschen het berg- en het vlakte-exemplaar; het eerste was veel kleiner, wat de bovenaardsche deelen betreft, hoewel wortels en wortelstok ongeveer gelijk ontwikkeld waren, de stengels en stengelleden waren kort, de bladeren kleiner en dikker, de bloemen donkerder van kleur, enz. Evenzoo werd een groot verschil in den anatomischen bouw gevonden, zoodanig dat men de twee planten, wanneer men ze voor het eerst ontdekte, zeker beschrijven zou als behoorende tot twee verschillende soorten, niettegenstaande men dan toch te doen had met stukken van hetzelfde individu.

De *erfelijke* eigenschappen van een plant zijn echter op die wijze in het geheel niet veranderd. Dit blijkt o.a. daaruit, dat men de kultuur in de bergen jarenlang kan voortzetten, om, wanneer men dan daarna een stuk van de plant in de vlakte overbrengt, te constateeren, dat zich daaruit weer een vlakte-exemplaar ontwikkelt met alle eigenschappen,

die daaraan eigen zijn. Bovendien komt dit voor den dag, wanneer men zaad wint, daar dit bij berg- en vlakteplanten identiek is, zoodat het alleen van de standplaats van de jonge plant zal afhangen, welke vorm voor den dag zal komen. De plant bezit dus erfelijk het vermogen op verschillende omstandigheden op bepaalde wijze te reageeren; juist die bepaalde reactiewijze is voor elke soort erfelijk vastgelegd. Met behulp van een paar vreemde termen kan men dit alles zeer kort uitdrukken en zeggen, dat de berg- en vlakteplanten behooren tot verschillende *phaenotypen*, maar tot hetzelfde *genotype*. Men zegt, dat planten phaenotypisch gelijk zijn, wanneer zij in hun uiterlijk zichtbare eigenschappen volkomen op elkaar gelijken, terwijl men van genotypische gelijkheid spreekt, wanneer de erfelijke eigenschappen hetzelfde zijn.

De invloed van het hooggebergte. waarvan hier sprake was, is natuurlijk iets zeer samengestelds; men heeft daarbij met allerlei factoren te maken, daar in het gebergte licht, vochtigheidstoestand van de atmosfeer, temperatuur, luchtdrukking, enz. verschillend zijn van die in de vlakte. Maar het spreekt van zelf, dat men het in zijn macht heeft, den invloed van elk van deze factoren afzonderlijk te onderzoeken door middel van proeven; dit is inderdaad reeds ten deele geschied.

Het wordt nu ook begrijpelijk, dat de grootte en de vorm van een plantendeel sterk kunnen variëeren, omdat zij invloed ondervinden van tal van uitwendige omstandigheden, die zelf ook tamelijk wisselend zijn. Daaraan is het dan ook toe te schrijven, dat b.v. de bladeren van een zelfden boom zoo vele kleine verschillen vertoonen, dat er feitelijk geen twee te vinden zijn, die volkomen aan elkaar gelijk zijn. En wat voor de deelen van een enkel individu geldt, zal in nog hoogere mate gezegd kunnen worden, wanneer men verschillende individuën met elkaar vergelijkt. Ook al neemt men daarbij de nakomelingen van van eenzelfde individu, die daaruit langs ongeslachtelijken weg ontstaan zijn, dan nog zullen de uitwendige omstandigheden veel meer verschillend zijn dan voor de deelen van eenzelfde plant. Waar hier gesproken wordt van ongeslachtelijke voortplanting, wordt daarmee bedoeld elke voortplanting, waarbij geen kruisbevruchting heeft plaats gehad, zoodat men ten slotte te maken heeft met de nakomelingschap van een enkel individu; nagegaan wordt dan, hoe zich de erfelijke eigenschappen hierbij uiten, wanneer de uitwendige omstandigheden niet volkomen constant worden gehouden.

§ 13.

Met behulp van een theoretisch voorbeeld kan het beste duidelijk worden gemaakt, wat het gevolg zal zijn van de inwerking van allerlei wisselende uitwendige omstandigheden op een bepaald kenmerk van een plant. Denkt men zich eens een aantal rietstengels, die door middel van stekken afstammen van eenzelfden rietstengel en die dus genotypisch volkomen gelijk zijn; laat men nu daarvan het suikergehalte gaan onderzoeken, dan zal dit niet gelijk zijn, hoewel deze stengels erfelijk hetzelfde vermogen tot suikervorming bezitten. Nu zijn er natuurlijk een groot aantal uitwendige omstandigheden, die invloed zullen hebben op dit suikergehalte; ten einde echter het voorbeeld niet noodeloos ingewikkeld te maken, worden er hier een vijftal willekeurig uitgekozen. Een gunstigen invloed op het suikergehalte zullen dan b.v. hebben: *A.* de aanwezigheid van veel bladeren, waardoor veel koolhydraten gevormd worden, *B.* een gunstige stand ten opzichte van het licht, waardoor de assimilatie in de hand gewerkt wordt, *C.* een voldoende hoeveelheid vocht in den bodem, *D.* de afwezigheid van boorders, *E.* de afwezigheid van roodsnot. Daar staan dan tegenover omstandigheden, die ongunstig op het suikergehalte zullen inwerken: *a.* de aanwezigheid van weinig bladeren, *b.* een ongunstige stand ten opzichte van het licht, *c.* een onvoldoende hoeveelheid vocht in den bodem, *d.* de aanwezigheid van boorders, *e.* de aanwezigheid van roodsnot. Het behoeft wel nauwelijks gezegd te worden, dat in de natuur niet alleen de uiterste gevallen zullen voorkomen, maar ook alle mogelijke tusschenliggende, terwijl verder deze factoren ook niet onafhankelijk van elkaar zullen zijn. Maar dit alles kan voor de hier te maken berekening buiten beschouwing blijven, daar deze voorbeelden alleen ter illustratie dienen; even goed hadden andere factoren gekozen kunnen worden.

De hier genoemde factoren zullen op allerlei wijzen gecombineerd kunnen voorkomen van *A B C D E* af, wanneer alles gunstig is tot *a b c d e* toe, wanneer alles ongunstig is. Het aantal van die combinaties bedraagt 32; wij nemen nu aan, dat de kans op het voorkomen van elk van die combinaties even groot is en dat men er dus werkelijk een gelijk aantal van zal aantreffen, mits maar een groot aantal rietstengels onderzocht wordt. Nu moet men nog een hypothese maken omtrent den invloed van elk van die factoren op het suikergehalte; het eenvoudigste is wel aan te nemen, dat elk van de gunstige factoren

het suikergehalte evenveel doet stijgen, b.v. 0,2 $^0/_0$ en dat elk van de ongunstige factoren het evenveel doet dalen, dus ook 0,2 $^0/_0$. Men kan dan het suikergehalte bij elk van die combinaties berekenen als een gemiddelde plus of min eenige malen 0,2 $^0/_0$. Neemt men eens aan, dat dit gemiddelde is 12,0 $^0/_0$, dan zou men dus vinden voor *A b C D e* een verhooging van 0,2 voor *A C* en *D*, dus samen 0,6 $^0/_0$, daarentegen een daling van 0,2 voor *b* en *c* dus samen 0,4 $^0/_0$, totaal dus een stijging van 0,2 $^0/_0$, dus een suikergehalte van 12,2 $^0/_0$. Wil men nog een tweede voorbeeld van zulk een berekening, dan zal men b.v. vinden voor *a b c D e* een stijging met 0,2 voor *D*, daarentegen een daling van 0,2 voor elk der factoren *a b c* en *e*, dus totaal 0,8, samen dus een daling van 0,6 wat een suikergehalte geeft 11,4 $^0/_0$.

In de tabel hieronder zijn alle combinaties opgenomen met het daarbij behoorende suikergehalte:

a b c d e	11,0 $^0/_0$	 1	a b C D E	12,2 $^0/_0$	
a b c d E	11,4 „		a B c D E	12,2 „	
a b c D e	11,4 „		A b c D E	12,2 „	
a b C d e	11,4 „	 5	a B C d E	12,2 „	
a B c d e	11,4 „		A b C d E	12,2 „	
A b c d e	11,4 „		A B c d E	12,2 „	 10
a b c D E	11,8 „		a B C D e	12,2 „	
a b C d E	11,8 „		A b C D e	12,2 „	
a B c d E	11,8 „		A B c D e	12,2 „	
A b c d E	11,8 „		A B C d e	12,2 „	
a b C D e	11,8 „	 10	a B C D E	12,6 „	
a B c D e	11,8 „		A b C D E	12,6 „	
A b c D e	11,8 „		A B c D E	12,6 „	 5
a B C d e	11,8 „		A B C d E	12,6 „	
A b C d e	11,8 „		A B C D e	12,6 „	
A B c d e	11,8 „		A B C D E	13,0 „	 1

Uit deze tabel ziet men, dat de meest extreme gevallen 11,0 en 13,0 $^0/_0$ suiker het minste voorkomen, ieder slechts eens op de 32 keer, terwijl daarentegen de geringste afwijkingen van het gemiddelde het meeste worden aangetroffen.

De getallen van de tabel vindt men in fig. 74 grafisch voorgesteld; op de abscissenas zijn afgezet de verschillende suikergehalten, terwijl

de ordinaten, die daarop opgericht zijn, lengten hebben overeenstemmend met het aantal individuën, die een bepaald suikergehalte bezitten. Vereenigt men nu de toppen van die ordinaten, dan komt er een zeer regelmatige kromme voor den dag, die hier verlengd is geworden aan beide zijden van de X-as, waar geen enkel individu meer gevonden wordt met een suikergehalte van 10,6 of 13,4 %.

Misschien zal het de aandacht getrokken hebben, dat de getallen

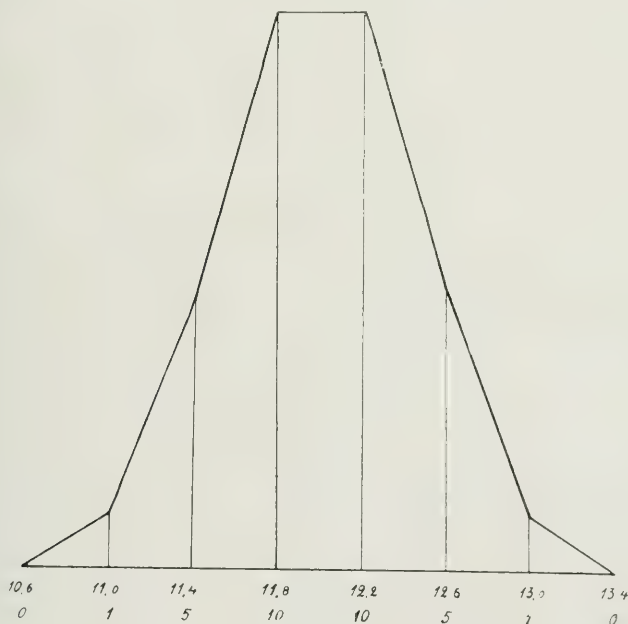


Fig. 74.
Variabiliteitskromme voor het suikergehalte van 32 suikerrietstengels volgens de veronderstellingen in den tekst genoemd.

1, 5, 10, 10, 5, 1 verkregen kunnen worden door uitwerking van de uitdrukking $(1+1)^5$. Neemt men het aantal uitwendige factoren grooter, dan zal men op dezelfde wijze bij 6 factoren moeten uitwerken $(1+1)^6$ en in het algemeen dus bij n factoren $(1+1)^n$; de verkregen lijn zal worden de zoogenaamde binomiale lijn of de waarschijnlijkheidskromme,

die optreedt, wanneer de een of andere omstandigheid den invloed ondervindt van een groot aantal verschillende, onderling van elkaar onafhankelijke factoren en indien daarbij de gunstige en de ongunstige ongeveer tegen elkaar opwegen.

Ten einde de zaak te vereenvoudigen, werden bij het bovenstaande voorbeeld een aantal veronderstellingen gemaakt, die echter in de natuur wel nooit zoo zullen voorkomen; men behoort zich nu af te vragen, hoe de vorm der kromme verandert, wanneer de factoren meer in overeenstemming met de werkelijkheid worden gekozen. Dan kan gezegd worden, dat wanneer er meer gunstige dan ongunstige factoren zijn, of wanneer het omgekeerde het geval is, de kromme niet meer symmetrisch zal worden, maar scheef zal zijn en in vorm zal gelijken op die, welke in figuur 75 is afgebeeld. Er is dus aan den eenen kant een lange staart (in de figuur links). Denkt men zich nu echter eens, dat zulk een kromme experimenteel bepaald wordt, dan is er zeer veel kans, dat die staart niet opgemerkt wordt. Neemt men deze weg, dan ziet de kromme er bijna symmetrisch uit. Werkelijk geheel scheeve krommen ontstaan daarentegen, wanneer de factoren, die invloed op den vorm uitoefenen, niet onafhankelijk van elkaar zijn. Het zou te ver in mathematische beschouwingen voeren, wanneer dit hier uiteengezet werd.

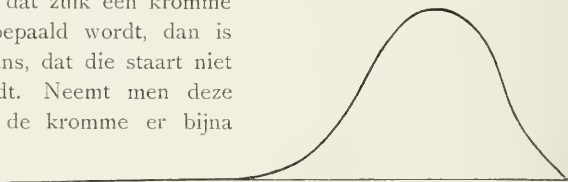


Fig. 75.
Scheeve waarschijnlijkheidskromme.

§ 14.

Tot nu toe hebben wij ons nog slechts met theoretische beschouwingen beziggehouden omtrent hetgeen men in de natuur zou *kunnen* aantreffende, wanneer de *variabiliteit* van een of ander kenmerk van een plant wordt onderzocht. Het begrip variabiliteit wordt hier dan beperkt tot die veranderingen, die zooals reeds gezegd werd, een gevolg zijn van de inwerking van uitwendige omstandigheden en die men tegenwoordig samenvat onder den naam *modificaties*. Er is een andere vorm van variabiliteit, die een gevolg is van bastaardsplitsing en die later behandeld zal worden. Wil men deze uitsluiten, dan is er slechts

één middel, dat men zich namelijk alleen bezig houdt met de afstammelingen van een enkel individu, of zooals men tegenwoordig meestal zegt, met een *zuivere lijn.*

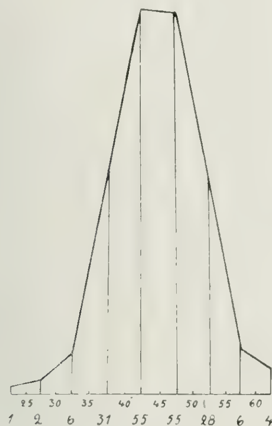


Fig. 76.
Variabiliteit van het gewicht van 188 boonen.

De vraag is dus, welke variabiliteitskrommen zijn er in de natuur werkelijk gevonden? Fraai symmetrische krommen zijn heel zeldzaam, ja het is zelfs de vraag of zij ooit in volkomen vorm worden aangetroffen. Wel vindt men nu en dan krommen, die er toe naderen, maar die vertoonen toch altijd wel een of andere geringe afwijking van de zuivere waarschijnlijkheidskromme. Dit kan meestal ook niet verklaard worden door het geringe aantal waarnemingen, want de hier bedoelde gevallen hebben juist betrekking op groote waarnemingsreeksen. Als voorbeeld zou men kunnen wijzen op de kromme vòor het suikergehalte van de suikerbiet, maar daar heeft men zeker niet met een zuivere lijn te doen en ook voor de krommen bij het suikerriet verkregen, is men omtrent dit punt niet zeker.

Daarom wordt hier als voorbeeld gegeven een kromme, die betrekking heeft op het gewicht van 188 gewone boonen; deze werden in groepen gedeeld naar gelang van hun gewicht en het aantal boonen in elke groep geteld; men had hier de zekerheid, dat zij alle afstammelingen waren van een enkel individu. Men vond nu de volgende getallen:

met een gem. gewicht van	225	275	325	375	425	475	525	575	625 mg.
aantal boonen.	1	2	6	31	55	55	28	6	4

Zet men deze waarden in een kromme uit, dan verkrijgt men de figuur 76, dus een kromme naderende tot de binomiale, maar niet geheel daarmee overeenstemmende. Men ziet dus, dat deze modificaties des te zeldzamer zijn, naarmate zij zich verder van het gemiddelde verwijderen, dat het gemiddelde het meeste voorkomt. Ook in een aantal andere gevallen is iets soortgelijks gevonden.

Het is noodig er nog eens op te wijzen, dat deze conclusies betrekking hebben op een zuivere lijn. Wanneer men den invloed van de uitwendige

omstandigheden op een bepaalde eigenschap van een plant wil nagaan, spreekt het wel haast van zelf, dat men daarbij niet verschillende soorten door elkaar gaat halen. Niemand zal er aan denken, wanneer hij de variabiliteit van de lengte der koffiebladeren wil onderzoeken, daarvoor gebruik te maken van een mengsel van gewone arabische koffie met liberia en robusta; men zal zich natuurlijk beperken tot een enkele soort.

Hoe kan men zich nu echter de zekerheid verschaffen, dat men inderdaad met een soort te maken heeft? *Uitsluitend door de gemeenschappelijke afstamming van de te onderzoeken individuën.* Zulke proeven mogen dus niet genomen worden met planten, die men toevallig in de natuur aantreft, of die in een willekeurige aanplanting bijeen staan, maar uitsluitend met gewassen, die men, zonder dat kruisbestuiving mogelijk was, uit een zelfden stamvorm heeft verkregen, waarbij men dan de zekerheid heeft, dat men te doen heeft met een zuivere lijn, een zuiver enkelvoudig ras, een zuiveren vorm, of hoe men het noemen wil.

Men zou wellicht meenen, dat de vorm van de kromme, die men ten slotte krijgt, van zelf wel leert, of men met zuiver materiaal gewerkt heeft; intusschen zal uit de volgende § blijken, dat dit criterium niet afdoende is.

§ 15.

Een variabiliteitskromme met geheel afwijkenden vorm is o.a. aangetroffen bij het tellen van de straalbloempjes in de bloemhoofdjes van sommige samengesteldbloemige planten; men verkreeg een tweetoppige kromme. Een voorbeeld ziet men afgebeeld in fig. 77 voor de gele ganzebloem (Chrysanthemum segetum). Op de X-as is het aantal lintbloempjes afgezet, terwijl de ordinaten in lengte overeenkomen met het aantal gevonden individuën. Zooals men ziet, lag hier een top bij 13, een andere bij 21 lintbloempjes. Een nader onderzoek leerde, dat men hier eigenlijk te doen had met twee krommen, die over elkaar heen lagen, met twee rassen of soorten, waarvan de eene een kromme had met een top op 13, de andere een met een top op

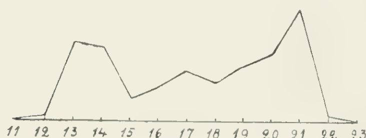


Fig. 77.
Tweetoppige kromme voor de variabiliteit van het aantal straalbloempjes bij Chrysanthemum segetum.

21 straalbloempjes, alles natuurlijk onder de omstandigheden, waarbij de proef genomen werd.

Zooals reeds gezegd werd, is het meestal aan de kromme niet te zien, of men te doen heeft met een zuivere lijn, dan wel met een mengsel van lijnen, dat men tegenwoordig aanduidt met den naam *populatie*. Een voorbeeld kan dit duidelijk maken. Men had door uitzaaiing van de afstammelingen van enkele individuën 19 zuivere lijnen van gewone boonen kunnen isoleeren. Daarbij bleek, dat elk van die 19 een eigen karakter bezat met een variabiliteitskromme met eigen karakteristieken top; de proef liet zich gemakkelijk nemen, omdat bij boonen zelfbestuiving voorkomt en bastaardeering dus van zelf buitengesloten was. Wanneer men nu echter een kromme maakt, die al die 19 rassen samen omvat, dan blijkt deze zeer regelmatig te zijn. Fig. 78 vertoont een dergelijke kromme, die verkregen werd uit een materiaal

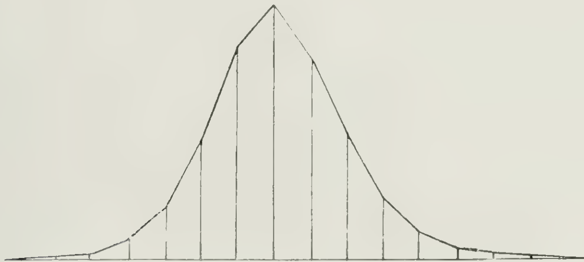


Fig. 78. Variatie van het gewicht van 5494 boonen.

van 5494 boonen en die den indruk maakt een enkelvoudige lijn te zijn van zeer gelijkmatig materiaal; niemand kan aan den vorm van die kromme zien, dat het materiaal een mengsel was van 19 verschillende zuivere lijnen.

Men heeft het in de hand, den vorm der variabiliteitskrommen groote veranderingen te doen ondergaan door sterke wijziging van de uitwendige omstandigheden. Hoewel dit uit de gegevens van de vorige §§ reeds viel op te maken, is het wellicht goed, hier nog eens nadrukkelijk op te wijzen. Zoo heeft men zelfs een tweetoppige kromme kunnen verkrijgen bij een proef, waarbij alle planten afstamden van een zelfde plant; daartoe werden de omstandigheden zoo gekozen, dat eerst de eene top moest optreden, later daarentegen zoo, dat de tweede top te

voorschijn moest komen. Meer zal er hier niet van gezegd worden; er blijkt alleen nog duidelijker uit, dat de vorm van de kromme niets leeren kan omtrent de zuiverheid van het gebruikte proefmateriaal. Aan den anderen kant zal een variabiliteitskromme ons alleen dan iets kunnen leeren, wanneer men de zekerheid heeft, dat het plantenmateriaal, waarmee men werkt, eenvormig is, een gemeenschappelijke afstamming heeft.

Het zou geen nut hebben, hier uitvoeriger over deze proeven te handelen, de ruimte laat dit ook niet toe. Nu echter tegenwoordig in tal van verhandelingen, ook voor den praktischen planter bestemd, zoo dikwijls met allerlei variabiliteitskrommen gewerkt wordt, is het misschien goed er nog een te noemen, die men meer dan eens aantreft; bedoeld wordt de meest extreem schuine kromme, de zoogenaamde halve kromme. In fig. 79 vindt men er een aangegeven voor het aantal bloembladen van 281 dotterbloemen (bloemen van Caltha palustris). Er werden namelijk geteld:

0	bloemen	. . . .	met 4	bloembladen
223	„	. . . .	„ 5	„
45	„	. . . .	„ 6	„
6	„	. . . .	„ 7	„
4	„	. . . .	„ 8	„
3	„	. . . .	„ 9	„
0	„	. . . .	„ 10	„



Fig. 79.
Variabiliteit van het aantal bloembladeren bij 281 dotterbloemen.

Uit de cijfers laat zich gemakkelijk afleiden, dat bij het tellen van een grooter aantal bloemen er wellicht ook wel eens een voor den dag zal komen met 10 bloembladen; de mogelijkheid daartoe is in elk geval niet van te voren uitgesloten. Daarentegen schijnt het, alsof er in de organisatie van de bloem het een of ander te vinden is, dat de vorming van bloemen met 4 of minder bloembladeren onmogelijk maakt.

§ 16.

De invloed van uitwendige omstandigheden, meer bizonder van de voeding, is wel het beste duidelijk zichtbaar bij de zoogenaamde tusschenrassen; dit zijn rassen, waarvan de individuën zich al naar

gelang van de omstandigheden in twee vormen kunnen voordoen; in het Engelsch spreekt men van „eversporting varieties". Het beste zal wel duidelijk worden, wat men hieronder verstaat door een voorbeeld te geven; daartoe moge de vijfbladige klaver dienen.

Dit is een ras, dat behalve drietallige en ook enkele viertallige, vijftallige en zelfs wel eens zes- of zeventallige bladeren voortbrengt. Het gelukt echter nooit, planten te verkrijgen met uitsluitend vijftallige bladeren. Bij goede voeding neemt het aantal er van toe, dat van de drietallige af, bij slechte voeding geschiedt het tegenovergestelde, maar men brengt het nooit tot een zuiver vijftallig of een zuiver drietallig ras, uitgaande van de hiergenoemde vormen.

Als tweede voorbeeld kan genoemd worden de kaardebol met klemdraai, d. w. z. met een getordeerden stengel, waar de bladeren met hunne bases vergroeid zijn. Zonder in bizonderheden te treden, kan vermeld worden, dat men bij uitzaaiing van de zaden van dit ras een zeker percentage gedraaide stengels kan krijgen; goede voeding doet dit aantal zoodanig stijgen, dat bijna alle stengels gedraaid zijn, terwijl men daarentegen bij slechte voeding geen of bijna geen stengels met klemdraai zal aantreffen. Maar of men zaad wint van de stengels met veel of van die met weinig of zonder klemdraai, is vrij wel onverschillig voor de nakomelingschap; in alle gevallen zal de aard van de stengels, die voor den dag komen, afhangen van de voeding.

Die invloed van de voeding kan zich somtijds nog een generatie verder doen gevoelen, omdat het krachtiger gevoede zaad ook weer krachtiger planten voortbrengt, waar dan ook de bepaalde afwijking in sterkere mate voor den dag zal treden. Daarop kan hier niet nader ingegaan worden; alleen moet nog vermeld worden, dat somtijds de plant in een bepaalde periode van haar ontwikkeling bizonder gevoelig is voor zulk een wijziging van uitwendige omstandigheden.

Zoo bestaat er een tusschenras van de opiumleverende papaver, dat den naam draagt van Papaver somniferum polycephalum, de veelhoofdige papaver. De eigenaardigheid hiervan is, dat een of meer meeldraden vervangen zijn door kleine stampers, die dan rondom den gewonen stamper zijn gezeten; in figuur 80 is onder a een normale stamper met één bijkomende afgebeeld, terwijl daarnaast onder b een groot aantal van die bijkomende deelen is te zien. Ook hier weer geldt, dat een krachtige voeding het aantal van die nevenstampers

doet toenemen, een slechte voeding hun aantal kleiner doet worden. Nu is de plant echter alleen gedurende een bepaalde ontwikkelingsperiode gevoelig voor deze wijziging van de voeding. Ongeveer zes weken na het begin van de kieming zijn de jonge meeldraden of stampers in aanleg aanwezig en met behulp van het mikroskoop te vinden; dan is reeds bepaald, wat er van worden zal. Wil men dus invloed uitoefenen op het aantal bijkomende stampers, dan moet men dit in de eerste weken na de kieming doen. Is de voeding op dat oogenblik rijkelijk, dan ontstaan er zeer vele, tot 150 toe, is de voeding daarentegen ongunstig, dan kan dit aantal tot op 1 of 2 dalen. Maar na die eerste weken kan de voeding geen invloed meer uitoefenen op het aantal bijkomende stampers en men is dus in staat weinig stampers met een krachtige ontwikkeling van de geheele plant te doen samengaan, door de kiemplantjes gedurende de gevoelige periode te verplanten en zoo hun voeding gedurende dien tijd ongunstig te maken en dan daarna een zeer krachtige bemesting te geven en de planten ver van elkaar over te poten.



Fig. 80.
Papaver somniferum polycephalum.
Bij *a* slechts één enkele bijkomende stamper, bij *b* een groot aantal.

§ 17.

Er werd reeds bij herhaling op gewezen, dat alle veranderingen, die het gevolg zijn van een bepaald samenvallen van uitwendige omstandigheden, men zou misschien met een enkel woord kunnen zeggen van gewijzigde voeding, niet erfelijk zijn. Met andere woorden, wanneer men een stek neemt van een suikerrijken rietstengel en een andere van een suikerarmen, daarbij veronderstellende, dat beide stengels zich ontwikkeld hadden uit stekken, die van eenzelfden rietstengel gesneden waren, dan zullen de daaruit ontstane rietplanten, mits zij onder dezelfde omstandigheden zijn opgegroeid, aan elkaar gelijk zijn. Geheel en al zal dit wel niet opgaan, omdat de knoppen ook geringe verschillen zullen vertoonen: de suikerrijke stengel zal in het algemeen beter

gevoed zijn dan de suikerarme en dus ook iets krachtiger zijn. Daarmee zal gepaard gaan, dat de jonge planten dus ook niet volkomen met elkaar zullen overeenstemmen, maar deze verschillen zijn geheel onbeteekenend in vergelijking met die, welke voor den dag treden, zoodra de uitwendige factoren ook maar geringe wijzigingen ondergaan. Selectie van stekken van de suikerrijkste stengels zal dus ook nauwelijks eenig gevolg kunnen hebben, zoolang men met zuivere lijnen werkt.

Het gevolg van selectie zal echter geheel anders zijn, wanneer men met een populatie te doen heeft, dus met een mengsel van verschillende zuivere lijnen. Zoo is in het boven aangehaalde voorbeeld van de tweetoppige kromme door selectie het bewijs geleverd, dat het gebruikte materiaal niet eenvormig was, maar dat er twee rassen in gemengd waren, die op deze wijze konden worden gescheiden.

Het is niet zoo heel gemakkelijk, zich goed in deze zaken in te denken en daarom zal het nog met een tweede voorbeeld worden toegelicht; dit heeft betrekking op gewone boonen, waarvan men het gewicht bepaald heeft. In de onderstaande tabel vindt men de samenstelling aangegeven van een mengsel van 2656 boonen, gerangschikt naar het gewicht, waarbij dan het gemiddelde gewicht van elke groep is opgegeven (225 gr. wil dus zeggen van 200—250 gr.). Men vindt in de tabel de samenstelling van elk van de afzonderlijke zuivere lijnen, waaruit het mengsel bestond en tevens van de geheele populatie:

gewicht in mg.	225	275	325	375	425	475	525	575	625	675	725	775	825	875	totaal
lijn I aantal boonen .	—	—	—	2	5	9	14	21	22	24	23	17	6	2	145
„ II „ „	—	1	6	19	32	66	88	100	90	50	19	1	3	—	475
„ III „ „	—	—	—	5	14	50	76	58	44	29	5	1	—	—	282
„ IV „ „	—	5	2	9	21	38	68	77	62	22	3	—	—	—	307
„ V „ „	—	4	1	12	29	62	65	57	19	6	—	—	—	—	255
„ VI „ „	—	2	8	21	46	74	46	28	14	1	1	—	—	—	241
„ VII „ „	3	9	28	51	111	174	101	44	6	—	1	5	—	—	533
„ VIII „ „	1	6	20	60	106	114	75	33	3	—	—	—	—	—	418
Totaal	4	27	65	179	364	587	533	418	260	132	52	24	9	2	2656

Denkt men zich nu eens, dat men de samenstelling van deze populatie uit 8 zuivere lijnen niet kende, dan zou men door telkens een boon er uit te nemen, deze uit te zaaien en de nakomelingschap te bewaren, toch een enkelvoudig ras verkrijgen. Had men daarvoor gekozen een van de twee boonen met een gewicht van 875 mgr., dan zou men dadelijk lijn I er uit geïsoleerd hebben, bij elke andere keuze laat zich niet precies voorspellen, welke lijn men in handen zou krijgen;

b.v. een boon met een gewicht van 225 mgr. kan behooren tot lijn VII maar ook tot lijn VIII, dat is er uitwendig niet aan te zien, maar kan alleen uitgemaakt worden, door de nakomelingschap er van te onderzoeken.

Selectie zal dus dan een resultaat hebben, wanneer men met een populatie te doen heeft, omdat men zoodoende de zuivere lijnen van elkaar kan scheiden. Maar dan moet elk individu afzonderlijk op zijn nakomelingschap worden onderzocht. Men mag in het hier behandelde geval niet als volgt redeneeren: ik wil door selectie trachten zwaardere boonen te krijgen, nu neem ik er al diegene uit, die een hooger gewicht hebben dan 700 mgr. en zaai die uit. Uit de tabel blijkt, dat men dan alleen lijn V en VIII zou uitschakelen, zoodat men zijn doel wel een weinig genaderd zou zijn, maar toch slechts in zeer geringe mate. Door in volgende jaren weer op dezelfde wijze te werk te gaan, zou men zijn doel wellicht wel telkens iets meer naderbij komen, maar men zou toch geen garantie bezitten, dat men dit ooit zou bereiken; integendeel de kans lijkt gering, dat men op die manier te werk gaande er werkelijk in slagen zou, een zuivere lijn te isoleeren. Daarentegen geeft individueele selectie de zekerheid, dat men in een enkel jaar komt, waar men zijn wil, zonder dat er kans bestaat, dat men in volgende jaren iets meer bereiken zal.

Er wordt hier nog eens nadrukkelijk op gewezen, dat dit alles alleen geldt voor die gevallen, waar men zuiver vegetatieve vermenigvuldiging heeft of waar ten minste, zooals bij de boonen, geen kruisbestuiving kan plaats hebben.

§ 18.

Het is van belang, dat iedere planter zich goed rekenschap geeft van de beginselen van hetgeen in de vorige §§ behandeld is geworden, omdat dit voor de praktijk tot belangrijke gevolgtrekkingen leidt.

Het is niet veel meer dan vijftien jaar geleden, dat men zich goed bewust is geworden van deze beginselen. Men wist wel reeds, dat wat in de plantkunde als één soort beschouwd wordt, inderdaad in vele gevallen een verzameling is van vormen, die geringe verschillen vertoonen en dat deze verschillen bij de voortplanting volkomen constant blijven. Maar een toepassing op de teelt van landbouwgewassen had men daarvan tot dien tijd toe niet gemaakt, wanneer men enkelen

uitzondert, die een juisteren blik hadden, maar naar wier woord door de groote menigte niet werd geluisterd.

De stamboomteelt op groote schaal, berustende op de hier geschetste beginselen, is men eerst te Svalöv in Zweden gaan toepassen. Men had er opgemerkt, dat selectie op de oude wijze toegepast, absoluut geen gevolg had. Men kan zijn zaaigoed op die wijze van grove bijmengselen zuiveren, maar een vooruitgang van het ras is niet te bewerken, door op groote schaal de minderwaardige vormen te verwijderen en alleen de betere voor voortteling te bezigen.

Toen werd op andere wijze te werk gegaan; men maakte een aanvang met de *pedigree-* of *stamboomteelt*, dat wil zeggen, men ging voor de kultuur telkens uit van een enkele plant als moederplant. Daarbij werd de aandacht het allereerst gewijd aan gerst, later ook aan haver, erwten, wikken en tarwe; deze planten bleken voor het doel bizonder geschikt, omdat zij zichzelf bestuiven en dus het gevaar voor een onzuiver resultaat zeer gering werd. Praktisch bleek het nakroost van die honderden moederplanten bij gerst, haver en tarwe voor ongeveer 90 % volkomen eenvormig te zijn.

Er kwam nu voor den dag, dat de gewone landrassen uit een mengsel van de meest verschillende vormen bestonden; men had die landrassen tot dien tijd toe voor praktisch zuiver gehouden. Dit werd begrijpelijk, omdat die vormen dikwijls zelfs voor het geoefende oog moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn, zoodat men vaak zijn toevlucht moet nemen tot maat en gewicht om ze te herkennen.

Het eerste werk te Svalöv bestaat dus in het herkennen van de verschillende vormen, die in een of ander landras, dus in een populatie, voorkomen. Daarna wordt van elk van deze *individueele* stamvormen afzonderlijk zaad gewonnen en dit op afzonderlijke perceeltjes uitgezaaid. Nadat men zoo de beschikking verkregen heeft over een aantal (honderden) zuivere, enkelvoudige vormen, komt pas de selectie, waarbij nu die zuivere lijnen worden uitgekozen, die bij de kultuur in het groot voor de praktijk in bepaalde omstandigheden voordeel beloven op te leveren.

Het is hier de plaats niet, om dit alles in bizonderheden uiteen te zetten, alleen het beginsel moest hier met nadruk vermeld worden. Er is trouwens in de laatste jaren voldoende gebleken, dat hetzelfde bij tal van landbouwgewassen kan worden toegepast. Zoo is men in

die richting ook in Nederlandsch-Indië reeds bezig geweest; rijst bleek zich zeer goed voor zulke proeven te leenen, omdat men waarnam, dat dit gewas zich niet alleen door zelfbestuiving *kan* voortplanten, maar dat kruisbestuiving in de natuur ook uiterst zelden voorkomt. In verband daarmee is het mogelijk geweest, de rijst in honderden zuivere rassen te scheiden en hetzelfde is ook gelukt met sommige tweede gewassen. Zoo kweekt men te Buitenzorg reeds 53 typen van cassave, waarvan er 21 op Java inheemsch zijn; daar hier de voortplanting geheel vegetatief plaats heeft, behoeft men natuurlijk voor kruising in het geheel geen vrees te koesteren.

Hetzelfde geldt voor het suikerriet en het is zeker een van de redenen, waarom men reeds zoo lang verschillende variëteiten van het riet afzonderlijk heeft kunnen kweeken en op hun waarde voor de kultuur onderzoeken. Wel zijn de meeste van die variëteiten waarschijnlijk bastaarden, maar daarop zal hieronder nog nader gewezen worden en dat is bij vegetatieve voortplanting trouwens voor de praktijk van geen belang.

§ 19.

Toen hierboven telkens weer gezegd werd, dat de eigenschappen van een plant bij ongeslachtelijke voortplanting of bij zelfbestuiving volkomen constant blijven, is daarbij een mogelijke omstandigheid buiten beschouwing gelaten, namelijk de mogelijkheid van het optreden van *mutaties*, dat zijn erfelijke verschillen tusschen nakomelingen en hunne ouders. Het is daarbij onverschillig of deze geslachtelijk dan wel vegetatief ontstaan, ook of deze verschillen groot of klein zijn; uitgesloten wordt daarbij alles wat een gevolg is van bastaardsplitsing, welk verschijnsel in het volgende hoofdstuk uitvoeriger zal worden behandeld. Men mag dus van mutaties slechts dan spreken, wanneer een opgetreden afwijking erfelijk blijkt te zijn en wanneer men bovendien de zekerheid heeft, dat de ouders geen bestaardnatuur bezaten. Daarvoor is het dan noodig, dat men die ouders gedurende eenige generaties in kultuur heeft gehad; het spreekt dus ook wel van zelf, dat men het woord mutatie nooit gebruiken mag voor afwijkingen, die toevallig gevonden worden en waarvan men het ontstaan niet meer kan controleeren.

Wanneer de hier genoemde eisch gesteld wordt, dan is het aantal afwijkingen, die men met zekerheid met den naam mutaties mag bestempelen, zeer gering. Wellicht is dit ook wel een gevolg van het verschijnsel, dat kleine afwijkingen te weinig in het oog vallen, zoodat alleen individuën, die in sterke mate van de ouders verschilden, als mutaties beschreven zijn.

Het bekendste zijn natuurlijk de mutaties bij de Teunisbloemen, meer bizonder bij de Oenothera Lamarckiana, waarbij onze landgenoot HUGO DE VRIES het verschijnsel van het muteeren het eerst beschreef, en wel bij een aantal verwilderde exemplaren op een veld bij 's Graveland, of bij de afstammelingen daarvan in den Amsterdamschen Hortus Botanicus gekweekt. Dat hierbij de noodige voorzorgen genomen werden tegen eventuëele niet gewenschte kruisbestuiving behoeft wel nauwelijks gezegd te worden.



Fig. 81. Oenothera Lamarckiana.

In de genoemde kulturen traden van tijd tot tijd individuën op met afwijkende eigenschappen en de meeste van deze konden verder gekweekt worden, d.w.z. er konden nakomelingen gewonnen worden, die gedurende een aantal jaren op hun erfelijke eigenschappen werden onderzocht. Het bleek nu dat met een enkele uitzondering, al deze vormen zaadvast zijn, bij uitzaaiing afstammelingen leveren, die de eigenschappen van den eersten mutant volkomen herhalen. Zekerheid daaromtrent kon verkregen worden bij al die vormen, waar zelfbestuiving mogelijk was.

In figuur 81 vindt men een afbeelding van de stamplant, de Oenothera Lamarckiana; de mutanten vertoonen nu afwijkingen in allerlei richtingen. Sommige onderscheiden zich haast alleen door de kleinheid van alle deelen; deze kregen den naam Oenothera nanella. Andere hebben roodachtig gekleurde nerven op bladeren en vruchten, hebben smalle en grijsachtig groene bladeren, zijn min of meer behaard, terwijl de stengels gemakkelijk breken ten gevolge van de dunwandige bastvezels; deze werden met den naam O. rubrinervis bestempeld. Weer anders is het bij de O. gigas, in fig. 82 afgebeeld, waar alle deelen grooter en krachtiger zijn dan bij de O. Lamarckiana behalve de vruchten, die slechts de halve lengte bezitten van die der stamplanten. En zoo zijn er meer vormen opgetreden, die hier niet nader besproken zullen worden. Alleen kan opgemerkt worden, dat hunne eigenschappen steeds dezelfde waren, waar zij ontstonden, onverschillig of dit te Amsterdam geschiedde of b.v. in de Vereenigde Staten van Noord-Amerika.



Fig. 82. Oenothera gigas.

Het aantal afwijkende vormen, dat men ziet optreden, is nooit groot, maar in het eene jaar meer dan in het andere. Daarbij ziet men sommige van die mutaties elk jaar voor den dag komen, zooals de nanella, andere daarentegen slechts zelden. Het meest extreme geval is de gigas, die te Amsterdam tweemaal en eens te New-York is ontstaan. Dit neemt niet weg, dat deze vorm toch in kultuur is, omdat

het gelukt is, er kiembaar zaad van te verkrijgen; juist het absoluut constant zijn van de mutaties maakt, dat men ze vrij gemakkelijk zuiver kan houden.

§ 20.

Het is noodig hier even te vermelden, dat niet alle natuuronderzoekers er van overtuigd zijn, dat de nieuwe vormen uit de Oenothera Lamarckiana verkregen, inderdaad mutaties zijn. De hier genoemde sceptici meenen, dat het niet vaststaat, dat de stamvorm, waarvan uitgegaan werd, een zuivere vorm was, geen bastaardnatuur bezat; integendeel achten zij het waarschijnlijk, dat Oenothera Lamarckiana een bastaard zou zijn. Een bewijs voor deze meening is tot nu toe niet geleverd; men heeft alleen maar waarschijnlijkheidsgronden kunnen aanvoeren. Toegegeven moet echter worden, dat ook het bewijs van het tegendeel tot nu toe niet gegeven kon worden; er blijft dus twijfel mogelijk.

Het zou echter onjuist zijn te denken, dat, wanneer mocht blijken, dat de nieuwe vormen van Oenothera geen mutaties zijn, daarmee het bestaan van mutaties in het algemeen ontkend zou moeten worden. Ook de bovengenoemde sceptici toch geven meestal wel toe, dat er mutaties bestaan. Men heeft in een aantal gevallen bij volkomen zuivere vormen afwijkingen zien ontstaan, die geheel erfelijk waren. Alleen wordt er dan dikwijls bij gezegd, dat dit uitsluitend verliesmutaties zouden zijn.

Het begrip verliesmutatie tegenover de progressieve mutatie berust op de voorstelling, dat organismen te beschouwen zouden zijn als een complex van erfelijke factoren, wier uitingen dan zouden zijn de voor het oog zichtbare eigenschappen der levende wezens Deze opvatting is afgeleid uit de ondervinding die men opgedaan heeft bij de bastaardeeringsleer, waaromtrent in het volgende hoofdstuk nader gehandeld zal worden. Men moet echter steeds in het oog houden, dat men hier te doen heeft met een hypothetische verklaring van erfelijkheidsverschijnselen en dat niemand nog ooit dergelijke factoren gezien heeft. Nog meer theoretisch is de voorstelling omtrent verlies of winst van zulke factoren, zoodat men goed zal doen, daaraan niet te veel gewicht te hechten.

Voor den praktischen planter zou het zeker van groot gewicht zijn, wanneer men op de een of andere wijze het ontstaan van mutaties

in de hand kon werken. Het behoeft echter wel nauwelijks gezegd te worden, dat men van dit doel nog ver verwijderd is, nu men niet weet onder welke omstandigheden mutaties ontstaan.

In de laatste jaren zijn wel tal van proeven genomen om met behulp van inspuitingen van vergiften of oplossingen van andere chemische stoffen mutaties te doen ontstaan, maar tot nu toe met zeer gering succes. In één geval is het kort geleden door enting gelukt een zwarte nachtschade te verkrijgen met kernen met het dubbele aantal kernlissen, die in uiterlijk herinnerde aan de gigasmutanten van Oenothera. Wanneer het blijken mocht, dat deze methode ook in andere gevallen toegepast kan worden, dan zou men hier zeker met een voor de praktijk zeer belangrijke ontdekking te doen hebben.

Bij lagere organismen meent men met vergiftige stoffen betere resultaten te hebben bereikt, maar ook hier is grond voor twijfel aanwezig. Zoowel bij bacteriën als bij schimmels heeft men in zuivere kulturen, die gemaakt waren uitgaande van een enkele cel, afwijkingen zien optreden. Deze ontstonden nu eens plotseling, dan weer in den loop van eenige generaties langzamerhand; hunne nakomelingen waren nu eens volmaakt constant, dan weer keerden zij na een grooter of kleiner aantal generaties terug tot den moedervorm, waarvan men uitgegaan was. Of men hier van mutaties mag spreken in die gevallen, waar de nieuwe vormen inderdaad erfelijk constant zijn, of dit laatste te bewijzen is, nu men altijd weer het bezwaar kan opperen, dat men de proeven niet lang genoeg heeft voortgezet, kan in het midden worden gelaten. Er werd reeds op gewezen, dat er ook hier aan een invloed van bepaalde chemische stoffen gedacht werd; maar evenmin als bij hoogere planten, heeft men het bewijs kunnen leveren, dat er een oorzakelijk verband bestond tusschen de bepaalde scheikundige stof, die aan de voedingsoplossing werd toegevoegd en de waargenomen afwijking van vorm.

Ten slotte mag opgemerkt worden, dat in dit boek een bespreking van de vormafwijkingen bij lagere planten in zooverre op haar plaats is, omdat op die wijze wellicht sommige plotselinge epidemiën bij kultuurplanten zijn te verklaren. Men moet dan aannemen, dat schimmels, die vroeger onschadelijk waren, een zoodanige verandering hebben ondergaan, dat zij tot gevaarlijke parasieten geworden zijn.

Bastaardeering.

§ 21.

Tot nu toe werd gehandeld over de erfelijkheid van planten bij vegetatieve vermenigvuldiging of bij zelfbestuiving, zoodat er steeds sprake was van de erfelijkheid van een enkel individu.

Thans komt de vraag aan de orde, hoe het gesteld is met de erfelijkheid bij de groote meerderheid van de gewassen, waar kruisbestuiving wordt aangetroffen, waar dus twee individuën samenwerken om een nieuwe plant te verkrijgen. Hoe zijn daar de eigenschappen van vader- en moederplant in het jonge individu en in de verdere nakomelingschap aanwezig?

Om een antwoord op deze vraag te verkrijgen, heeft men planten met elkaar gekruist, die duidelijke punten van verschil vertoonden, zoodat het gemakkelijk was, de eigenschappen van den vader en die van de moeder in de nakomelingen te herkennen, wanneer die daarin zichtbaar waren. Met andere woorden, men heeft gekruist planten, die tot verschillende soorten of rassen behoorden en op die wijze verkregen zoogenaamde *bastaarden* of *hybriden*.

Voorop gesteld moet worden, dat een dergelijke kruising alleen mogelijk is tusschen verwante soorten en dat alleen in zeer zeldzame gevallen, b.v. bij enkele Orchideae of tusschen tarwe en rogge, bastaarden gemaakt zijn van planten, die tot verschillende geslachten gerekend worden. Verder, dat er een aantal bastaarden verkregen zijn, die steriel bleken te zijn, die dus langs geslachtelijken weg geen nakomelingen voortbrachten. Zulke bastaarden kunnen omtrent de wetten der erfelijkheid gewoonlijk niet veel leeren, maar in de praktijk zijn zij somtijds toch van groot belang, wanneer men ze namelijk langs vegetatieven weg kan vermenigvuldigen. Vermoedelijk is het Cheribonriet een dergelijke

bastaard; het stuifmeel er van is steriel, niet in staat een stamper te bevruchten. Dit wijst reeds op de bastaardnatuur; maar bovendien blijkt, dat wanneer men den stamper met ander stuifmeel bevrucht, er geslachtelijke nakomelingen ontstaan, die een groote verscheidenheid van eigenschappen vertoonen. Volgens hetgeen hieronder vermeld zal worden, maakt dit het waarschijnlijk, dat Cheribonriet een bastaard is.

Ruim 15 jaar geleden wist men van hetgeen hieronder vermeld zal worden nog bijna niets; wel was er in 1865 een hoogst belangrijk onderzoek van Gregor Mendel over verschenen, maar dit was vrij wel onopgemerkt gebleven. Pas met de wederontdekking van dit onderzoek in 1900, gelijktijdig door Hugo de Vries, Correns en Tschermak begon een periode van buitengewoon vruchtbaar werk op bastaardeeringsgebied, die voor de toekomst nog veel belooft. Maar ook hetgeen, wat thans reeds bekend geworden is, moet voor de praktijk van land- en tuinbouw van het allerhoogste gewicht geacht worden.

Het grootste gedeelte van de onderzoekingen van den laatsten tijd heeft betrekking op de zooeven genoemde wetten van Mendel. In hoeverre deze van algemeene toepassing zijn, zij op het oogenblik in het midden gelaten; dit punt zal hieronder nog kort ter sprake worden gebracht. Voorloopig zal hier echter alleen gehandeld worden over die bastaarden, waarvoor deze wetten geldigheid bezitten, of zooals men wel eens met een nieuw woord pleegt te zeggen, over de *mendelende* bastaarden.

Een paar woorden en teekens moeten hier tot beter begrip van het volgende nog verklaard worden, of voor zoover zij vroeger reeds genoemd zijn, moet even aan hun beteekenis herinnerd worden.

De beide ouderlijke vormen, die met elkaar gekruist worden, duidt men aan met P, de daaruit ontstane bastaarden noemt men de eerste bastaardgeneratie en duidt die aan met F_1. Worden deze bastaarden onderling bevrucht, dan ontstaat uit het zoo verkregen zaad de tweede bastaardgeneratie F_2 enz.

De geslachtscellen, die zich met elkaar vereenigen, worden ook wel *gameten* genoemd, waarmee dus zoowel de mannelijke cel als de eicel wordt aangeduid; het teeken ♂ wil daarbij zeggen mannelijk, het teeken ♀ vrouwelijk. Uit de vereeniging van die twee gameten ontstaat de *zygote* en dit woord wordt nu dikwijls ook gebezigd voor het geheele individu, dat zich uit de bevruchte eicel ontwikkelt.

§ 22.

De bastaardeeringswetten zullen het beste begrepen worden, wanneer zij aan de hand van eenige voorbeelden besproken worden. Als eerste voorbeeld wordt daarvoor gekozen de kruising van een Mirabilis Jalapa (vieruursbloem, kembang poekoel ampat) met roode bloemen met een ander ras van dezelfde soort met witte bloemen; men zie daarvoor de afbeeldingen van figuur 83. De bastaarden, die

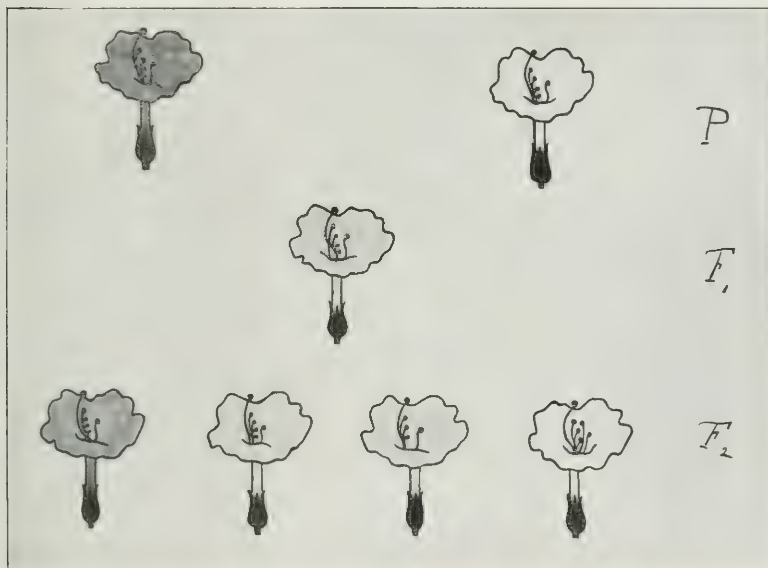


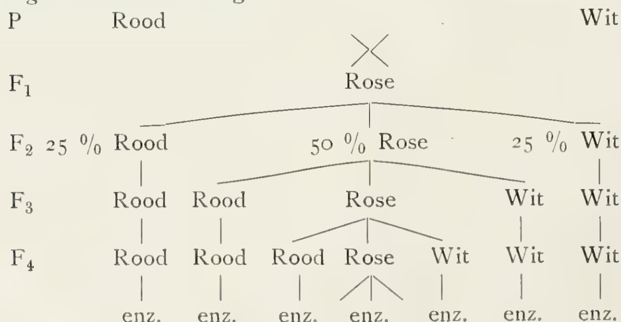
Fig. 83. Kruising van witte en roode Mirabilis Jalapa.
P. de beide ouders. F_1 de daaruit ontstane bastaarden. F_2 de bastaard generatie. De donkere kleur stelt rood voor, de grijze tint rose.

bij die kruising ontstaan, zijn intermediair tusschen de beide ouderlijke vormen, hebben dus rose bloemen en wanneer men de verschillende planten van de F_1-generatie onderling vergelijkt, ziet men, dat ze er alle juist hetzelfde uitzien. Daarbij is het onverschillig, of het stuifmeel afkomstig was van de plant met roode dan wel van die met witte bloemen; hoe men die twee ook kruist, het kruisingsproduct is steeds hetzelfde.

Wanneer men nu die rose bastaardbloemen met elkaar bestuift en het zoo verkregen zaad uitzaait, blijkt, dat in de F_2 optreden planten, die ook weer bastaardnatuur bezitten, dus rose bloemen hebben, maar daarnevens planten met zuiver roode bloemen en andere met zuiver witte bloemen, die dus phaenotypisch gelijk zijn aan de beide P-vormen. Uit de volgende generatie blijkt, dat zij er ook genotypisch aan gelijk zijn.

Wanneer men namelijk de roode bloemen van de F_2-generatie met elkaar bestuift, krijgt men daaruit een F_3-generatie met zuiver roode bloemen en dit blijft zoo in alle volgende generaties. Wanneer men de witte bloemen van de F_2-generatie met elkaar bestuift, komen er in de F_3 alleen planten met witte bloemen en ook dit verandert niet in volgende generaties. Met andere woorden, de roode en witte bloemen in de F_2 zijn in elk opzicht gelijk aan de stamvormen, waarvan men is uitgegaan. De rose bloemen van de F_2-generatie splitsen precies op dezelfde wijze als die van de F_1, zoodat men in de F_3 ook weer rose- rood- en witbloemige planten daaruit ziet ontstaan.

Het is nu zeer belangrijk een telling uit te voeren van de verschillende planten, die men ziet optreden. In de F_1 is dit natuurlijk onnoodig, daar alle individuën aan elkaar gelijk zijn, maar in de F_2 vindt men steeds een constante verhouding, mits men maar groote aantallen telt; men vindt dan namelijk 25 % roodbloemige, 25 % witbloemige en 50 % planten met rose bloemen. In de F_3 splitsen deze rose bloemen weer in de verhouding 1 rood, 2 rose, 1 wit en dit herhaalt zich in opvolgende generaties. Men kan dit alles nu in het volgende schema weergeven:

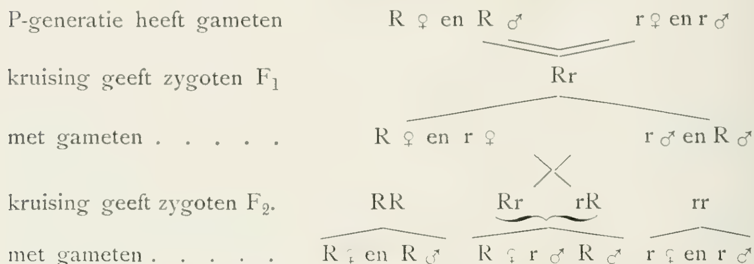


Ter verklaring moet opgemerkt worden, dat in de gameten van de eene ouder met roode bloemen iets aanwezig moet zijn, dat zich bij de volwassen plant uiten kan in het optreden van roode bloemen, evenzoo in de geslachtscellen van de witbloemige planten iets, dat zich uit in het ontstaan van witte bloemen. Wat dit iets in de geslachtscellen is, weet men niet; men denkt het zich als stoffelijke deeltjes, die men met allerlei namen heeft aangeduid, als *pangenen* of *genen*, enz. Het meest neutrale woord, dat men hiervoor gebruiken kan, is *factoren* en men kan dan zeggen, dat de eene ouder een factor in zijn gameten bezit, die in de volwassen plant roode bloemen doet ontstaan, dien wij hier zullen aanduiden met de letter R, terwijl de gameten van de andere ouder een factor hebben, die zich uit in het optreden van witte bloemen bij de volwassen plant en dien wij hier zullen aanduiden met de letter r. Er is nog een andere wijze van voorstelling mogelijk, waarbij men zegt, dat de planten met roode bloemen een factor bezitten, die in die met witte bloemen ontbreekt. Deze theorie wordt aangeduid als *presence-absence* theorie; er wordt door de voorstanders er van wel eens vergeten, dat het een zuiver theoretische verklaring is van de waargenomen feiten, zoodat men op grond van deze *theorie* zeker niets besluiten mag omtrent de bestaansmogelijkheid b.v. van winstmutanten.

Gaan wij nu echter op grond van de eerstgenoemde voorstelling na, wat er gebeurt bij de kruising, dan zullen bij elkaar komen een gameet met den factor R en een andere met den factor r. De daaruit ontstane zygote zal dus R en r beide bevatten, zal dus zijn wat men noemt een *heterozygote*. Hoe zien nu de gameten van dezen bestaard er uit? Het antwoord daarop geeft de samenstelling der F_2-generatie; hierin komen voor zuiver roode vormen, die, zooals uit hun nakomelingschap blijkt, *alleen den factor R bevatten*, die dus wat men noemt *homozygoten* zijn; andere homozygoten in de F_2 bezitten alleen den factor r, terwijl de helft heterozygoten zijn met zoowel R als r. Dit is alleen te verklaren door aan te nemen, dat in de gameten van de F_1-generatie de factoren R en r niet gezamenlijk voorkomen, maar dat elke gameet hetzij den factor R dan wel den factor r bevat. Maakt men nu daarbij de veronderstelling, dat beide soorten van gameten in gelijk aantal gevormd worden, dan kan men daarmee het geheele verschijnsel voldoende verklaren.

Immers dan zullen de vrouwelijke gameten met den factor R van

de F_1, bevrucht worden hetzij door een mannelijken gameet R (wanneer men ter verkorting deze uitdrukkingswijze bezigen mag) of door een r, het resultaat zal zijn een zygote RR of een zygote Rr; evenzoo zullen de vrouwelijke gameten r bevrucht worden door een mannelijken gameet R of door een r, het resultaat zal zijn een heterozygote rR. of een homozygote rr. Is het aantal kruisingen maar groot genoeg, dan zullen zij alle in even groot aantal ontstaan, dus 1 RR, 1 Rr, 1 rR en 1 rr. RR zijn roode homozygoten, rr zijn witte homozygoten, Rr en rR zijn aan elkaar gelijk en beide rose heterozygoten; de verhouding wordt dus als 1 : 2 : 1. Het volgende schema resumeert het bovenstaande:



§ 23.

In de vorige § werd een geval besproken, waar de bastaard intermediair is tusschen de beide ouders. Dit behoeft echter niet het geval te zijn; meestal ziet men ook iets heel anders. Dat het minder voorkomende geval het eerst behandeld werd, geschiedde, omdat daar voor den leek het gemakkelijkste overzicht te verkrijgen was van deze verschijnselen.

Meestal vertoont de bastaard niet de gemiddelde eigenschap van vader- en moederplant, maar een van die beide overweegt in zoo sterke mate, dat van de aanwezigheid van de andere niets of bijna niets valt waar te nemen. Men zegt dan, dat die eigenschap *domineert* (ook wel eens dat zij praevaleert) over de andere, die men *recessief* noemt.

Stelt men eens, dat in het voorbeeld van de vorige § rood domineerde, dan zou de F_1-generatie rood zijn geweest; de bastaardnatuur zou dan eerst voor den dag zijn gekomen door de splitsing in de F_2-

generatie. Daar zou men dan gevonden hebben 3 roode tegenover 1 witte plant, daar immers zoowel RR, als Rr en rR roode bloemen zouden bezeten hebben. Deze roode F_2-planten zouden dus ten deele homo- en ten deele heterozygotisch geweest zijn. Uiterlijk zou men dit er niet aan hebben kunnen zien, maar de nakomelingschap in de F_3-generatie zou daaromtrent uitsluitsel hebben verschaft. Om een andere terminologie te bezigen, deze planten zouden phaenotypisch gelijk, maar genotypisch ongelijk zijn geweest.

Om niet bij een zuiver theoretisch geval te blijven staan, kan hier dadelijk een voorbeeld gegeven worden, dat betrekking heeft op rijst. Daar is een kruising uitgevoerd tusschen gewone rijst en ketan (kleefrijst); gewone rijst heeft een zetmeelhoudend endosperm, ketan daarentegen een endosperm, waarin dextrine voorkomt in de plaats van het zetmeel. Er mag hier even aan herinnerd worden, dat het endosperm door een bevruchting ontstaat, zoodat de eigenschappen van den bastaard dadelijk aan de korrel te zien moeten zijn; men behoeft dus daarvoor de ontkieming niet af te wachten.

Wanneer nu de kruising van rijst met ketan wordt uitgevoerd, dan krijgt men uitsluitend korrels met het uiterlijk van zuivere rijst, met andere woorden: zetmeelhoudend endosperm domineert over dextrinehoudend. Worden deze korrels uitgezaaid en de zoo ontstane planten onderling bestoven, dan ziet men hieraan pluimen optreden met de korrels van de F_2-generatie en deze zijn ten deele ketan-, ten deele rijstkorrels. Te Buitenzorg werden 3484 ketankorrels tegen 7572 rijstkorrels geteld, dus een verhouding van 1 : 3,05, nagenoeg overeenkomende met de theoretisch berekende verhouding.

In zulke gevallen wordt de proef op de som geleverd door den bastaard weer met ieder van de beide ouders te kruisen; men kan dan berekenen, wat er komen moet. Noemt men de factoren voor de beide antagonistische eigenschappen hier Z (zetmeelhoudend endosperm) en z (dextrinehoudend endosperm), dan is de heterozygotische bastaard Zz, de gewone rijst ZZ en de ketan zz. Kruising van Zz met ZZ kan slechts twee vormen van zygoten geven: Zz en ZZ, die beide den domineerenden factor Z bevatten, zoodat dan dus uitsluitend zetmeelhoudende korrels zullen moeten optreden. Kruising van Zz met zz (ketan) zal moeten opleveren 50 % Zz, dus heterrozygoten met het domineerende kenmerk van de gewone rijst en 50 % zz, dus homozygoten met het

ketankenmerk. Voor zoover bekend, is deze kruising bij het hier gekozen voorbeeld nog niet uitgevoerd, maar in andere gevallen heeft de proef het berekende resultaat gehad.

Somtijds treft men een geval aan, waar niet de eigenschap van een van de ouders domineert, waar de bastaard evenmin intermediair te noemen is, maar waar deze een uiterlijk heeft, dat geheel anders is dan verwacht kon worden. Het zij veroorloofd hier even een dergelijk geval te vermelden, dat op dieren betrekking heeft, omdat dit beter ter illustratie dienen kan, dan hetgeen bij planten wordt aangetroffen. Andalusische kippen worden door de kweekers meestal gewenscht in een kleur, die blauw genoemd wordt. Deze blauwe kippen zijn echter uitsluitend bastaarden; zij splitsen in 1 zwarte, 1 witte met grijze spikkels en 2 blauwe De homozygoten zijn dus zwart en wit met grijze spikkels; dat blauw een middending van die twee is, was niet vooruit te verwachten.

§ 24.

Bij zulke schijnbare afwijkingen als in de vorige § genoemd werden, heeft men nu echter meestal te doen met de aanwezigheid van twee of meer stellen antagonistische eigenschappen bij de ouders, of zooals men ook wel zegt, meer stellen *allelomorphe* eigenschappen. Thans zullen eenige van die meer gecompliceerde gevallen behandeld worden.

Als voorbeeld van een geval, waar de beide ouders in twee stel factoren van elkaar afwijken, zij gekozen de paarse doornappel met gestekelde vruchten (Datura Tatula) en de ongestekelde witte doornappel (Datura Stramonium inermis). Bij de eerste is de bloemkroon paars van kleur, bij de tweede wit, bij de eerste zijn de vruchten van stekels voorzien, bij de tweede glad. Noemt men den factor voor paarse kleur P, dien voor witte bloemkroon p, dien voor gedoornde vruchten D en dien voor gladde vruchten d, dan is dus Datura Tatula voor te stellen door DDPP, Datura Stramonium inermis door ddpp.

Het is nu gebleken, dat die twee stellen van eigenschappen zich bij de kruising geheel onafhankelijk van elkaar gedragen, zoodat dus bij de bastaarden alle denkbare combinaties voor zullen komen in de verhoudingen, die volgens de waarschijnlijkheidsrekening te verwachten zijn. De eene ouder zal gameten hebben DP, zoowel mannelijk als

vrouwelijk, de andere evenzoo dp; de bastaardgeneratie F_2 is dus DdPp, dus heterozygotisch in twee opzichten. Daar paarse kleur en het bezit van stekels domineeren, zal dus de bastaard volkomen gelijken op de eene ouder, Datura Tatula.

In de gameten vindt weer splitsing plaats en nu zijn er dus vier gameten mogelijk DP, Dp, dP en dp. Deze vier mogelijkheden zullen zoowel bij de eicellen als bij de mannelijke cellen gerealiseerd zijn en men zal dus met elkaar moeten combineeren deze 4 verschillende eicellen met 4 verschillende mannelijke cellen, hetgeen 16 mogelijke combinaties oplevert voor de samenstelling van de F_2-generatie. Het gemakkelijkste krijgt men die combinaties door het volgende schema:

D P D P 1	D p D P 2	d P D P 3	d p D P 4
D P D p 5	D p D p 6	d P D p 7	d p D p 8
D P d P 9	D p d P 10	d P d P 11	d p d P 12
D P d p 13	D p d p 14	d P d p 15	d p d p 16

1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10 en 13, dus totaal 9 van de 16 combinaties bevatten van elk een stel domineerende eigenschap, zijn dus in uiterlijk gelijk aan de Datura Tatula, maar in de F_3 zou blijken, dat alleen 1 homozygotisch is voor beide eigenschappen, dus in de nakomelingschap constant: 2 en 5 zijn homozygotisch voor de D, dus constant gedoornd, maar heterozygotisch voor de P, dus splitsend, wat de kleur van de bloem betreft; 3 en 9 vertoonen juist het omgekeerde, terwijl 4, 7, 10 en 13 heterozygotisch zijn in beide opzichten.

6, 8 en 14 bezitten de domineerende D en de recessieve p, zijn

dus gedoornd met witte bloemkroon, maar alleen 6 is geheel homozygotisch, 8 en 14 zullen in de F_3 weer splitsen wat de gedoorndheid betreft.

11, 12 en 15 bezitten de domineerende P en de recessieve d, zijn dus doornloos met paarse bloemkroon, maar alleen 11 is geheel homozygotisch.

16 eindelijk is homozygotisch voor de beide recessieve eigenschappen, dus doornloos met witte bloemkroon.

Men zal derhalve in de F_2 zien optreden 9 planten met paarse bloemkroon en gestekelde vruchten, tegen 3 met paarse bloemkroon en gladde vruchten, 3 met witte bloemkroon en gestekelde vruchten en 1 met witte bloemkroon en gladde vruchten. Deze verhouding in de F_2 9 : 3 : 3 : 1 wijst dus op de aanwezigheid bij de ouders van twee stel antagonistische eigenschappen, die onafhankelijk van elkaar zijn.

Opgemerkt kan nog worden, dat No. 2 = 5, No. 3 = 9, No. 4 = 7 = 10 = 13, No. 8 = 14 en No. 12 = 15, zoodat in de F_2 totaal 9 genotypisch verschillende combinaties voorkomen. Zooals reeds gezegd werd, zullen deze in de F_3 weer splitsen, voor zoover zij heterozygotisch zijn; maar ten deele zijn zij homozygotisch, namelijk No. 1, 6, 11 en 16. No. 1 is gelijk aan den eenen ouder, 16 gelijk aan den anderen ouder, maar 6 en 11 zijn nieuwe constante vormen met een andere combinatie van eigenschappen dan bij de ouders werden aangetroffen. Hier komt dus ook het praktische belang van deze proeven voor den dag, daar uit dit voorbeeld duidelijk blijkt, hoe men door bastaardeering over nieuwe geheel constante vormen kan beschikken, waarvan men door proefneming vooruit kan nagaan, of zij mogelijk zijn.

Duidelijk is dus ook, dat bastaardeeringsproeven nooit mogen worden afgebroken bij de F_1, omdat men niet het verwachte resultaat verkreeg; minstens moeten zij worden voortgezet tot de F_2, somtijds ook nog tot de F_3. In zulke gevallen moet men dan echter de zekerheid hebben, dat de vormen, waarvan men uitgegaan is, homozygoten waren en dat zij niet zelf reeds bastaardnatuur bezaten.

Opgemerkt moet nog worden, dat twee vormen, die men kruist, gewoonlijk een groot aantal gemeenschappelijke eigenschappen bezitten en dat er maar enkele verschillend zijn; wanneer dus in het voorbeeld gezegd werd, dat de eene vorm DDPP genoemd kon worden en de andere ddpp, dan beteekende dit, dat men alle gelijke factoren van de

beide vormen buiten rekening liet. Het is echter duidelijk, dat men in dit geval zijn aandacht ook had kunnen beperken tot een enkel paar van antagonistische eigenschappen, b.v. op het al of niet voorkomen van stekels op de vruchten had kunnen letten, onverschillig van de kleur van de bloemkroon; men zou dan zuiver de getalverhoudingen gevonden hebben in § 22 en 23 uiteengezet. Met andere woorden, wanneer twee soorten of rassen met elkaar gekruist worden, die in meer dan één opzicht van elkaar verschillen, dan kan men toch de eenvoudige wetten van Mendel toepassen, mits men slechts een enkel paar antagonistische eigenschappen in het oog houdt. Dat is vooral van belang in die gevallen, waarin het aantal paren antagonistische eigenschappen grooter wordt, omdat de zaak dan langzamerhand buitengewoon gecompliceerd wordt; dit laatste zal nog beter blijken uit de volgende §.

§ 25.

Wanneer men eens planten, die in drie opzichten van elkaar verschillen, met elkaar kruist, dan kan men op de wijze, die boven aangegeven werd, uitrekenen, dat er in de F_2 64 combinaties mogelijk zijn, waarvan er echter sommige genotypisch aan elkaar gelijk zijn, zoodat het aantal *verschillende* mogelijkheden in de F_2 27 bedraagt. Wanneer bij alle drie de bastaard van dien aard is, dat een van de twee eigenschappen domineert, zullen er in de F_2-generatie 8 typen uiterlijk zichtbaar zijn, dus 8 phaenotypen, waarvan de vertegenwoordigers zullen optreden in de getalverhoudingen van 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1.

Het zal wel te begrijpen zijn, dat op deze wijze, de ontwarring van het raadsel, dat bij de bastaardeering wordt opgegeven, verre van gemakkelijk wordt. Wil men daarbij constante bastaardrassen maken met uitsluitend recessieve kenmerken, dan is de kans om er zoo een te vinden 1 op 64, dus vrij klein en er is uitzaaiing op groote schaal noodig, om er enkele aan te treffen.

Nog moeilijker wordt de zaak, zoodra er 4 paar verschilpunten tusschen de beide ouderlijke vormen bestaan. Men kan gemakkelijk uitrekenen, dat er dan in de F_2-generatie 256 combinaties mogelijk zijn, waarvan 81 verschillende geno-typen en waarvan er 16 homozygotisch, dus in volgende generaties constant zijn. Of in het algemeen,

wanneer het aantal antagonistische eigenschapsparen n bedraagt, dan is 4^n het aantal denkbare combinaties in de F_2-generatie, 3^n het aantal daarvan dat genotypisch verschillend is en 2^n het aantal homozygoten.

Deze homozygoten zijn voor den kweeker natuurlijk het belangrijkste, omdat zij bij uitzaaiing constant zijn en toch bepaalde eigenschappen van de stamplanten in zich vereenigen; heterozygoten zijn alleen bruikbaar bij vegetatieve voortplanting, zooals die b.v. bij het suikerriet geschiedt door stekken, bij de meeste vruchtboomen door enten.

Het wordt nu ook reeds begrijpelijk, waarom men vroeger beweerd heeft, dat door bastaardeering de variabiliteit in de hand wordt gewerkt. Mits het onderscheid tusschen de beide ouderlijke vormen maar groot genoeg is, ontstaan daardoor in de F_2-generatie een aanzienlijk aantal zeer verschillend uitziende individuën; intusschen, deze vormen zijn ieder voor zich scherp omschreven en bij voldoende kennis kan men ze alle vooruit berekenen, zoodat deze veelvormigheid zeker volstrekt niet verward mag worden met de variabiliteit, die in de §§ 13, 14, 15 en 16 beschreven is geworden.

Het is verder uit het voorgaande gebleken, dat men door middel van bastaardeering in staat is, als het ware een analyse van een soort te maken, deze in haar elementaire eigenschappen uiteen te halen Of een dergelijke analyse ooit geheel zal gelukken, moge twijfelachtig schijnen, men kan in elk geval de verschilpunten met verwante soorten of rassen opzoeken en deze analyseeren. De proef op de som wordt daarna dan geleverd door een daarop volgende synthese; immers, wanneer men de samenstelling van een bepaald ras kent ten opzichte van een ander ras, dan kan men vooruit berekenen, wat er bij de bastaardeering voor den dag moet komen.

Nu moet daarbij echter steeds wel bedacht worden, dat uitsluitend door hybridisatie is uit te maken, of een eigenschap als enkelvoudig te beschouwen is dan wel als samengesteld. Op het eerste gezicht schijnt een kenmerk soms zeer eenvoudig, terwijl de bastaardanalyse leert, dat dit volstrekt niet het geval is. Omgekeerd blijkt daarbij somtijds, dat een eigenschap, die zeer gecompliceerd lijkt, zich als de uiting van een enkelen factor gedraagt bij kruising met een andere soort of een ander ras.

Het is niet mogelijk, dit voor alle tot nu toe onderzochte gevallen

uiteen te zetten; de bastaardeeringsleer is in de laatste vijftien jaren zoo uitgebreid geworden, dat ook zelfs een kort resumé veel te veel plaats zou vorderen. Wie zelf bastaardeeringsproeven wil nemen, behoort zich trouwens verder in dit gebied in te werken. Hier wordt alleen een korte handleiding gegeven, met behulp waarvan de praktische planter in staat gesteld wordt, datgene, wat over dit onderwerp gepubliceerd wordt, te begrijpen, waardoor hij het gewicht van dergelijke onderzoekingen voor alle kultuurplanten leert inzien. Op de praktische beteekenis van dit alles zal trouwens hieronder nog nader worden gewezen. In de volgende §§ zal alleen getracht worden, aan de hand van een paar voorbeelden te doen zien, hoe enkele meer samengestelde gevallen zijn opgelost.

§ 26.

Er zijn gevallen bekend geworden, waar kruising van twee witte vormen een gekleurde bastaardgeneratie F_1 opleverde, terwijl deze in de F_2 uiteen viel in 9 gekleurde en 7 witte. Daar 9 en 7 samen 16 is, werd al dadelijk gedacht aan de mogelijkheid, dat men hier te doen had met twee stel antagonistische eigenschappen en het is inderdaad gebleken, dat dit vermoeden juist was. Men is hier zelfs nog iets verder gegaan en heeft het waarschijnlijk kunnen maken, dat de kleur ontstaat door de inwerking van een enzym op een chromogeen; zijn deze beide aanwezig, dan ontwikkelt zich dus een gekleurde vorm, heeft men alleen hetzij het chromogeen of het enzym, dan zal de kleur niet optreden.

Er staan hier dus tegenover elkaar: C de factor voor de aanwezigheid van chromogeen en c de afwezigheid daarvan, E de factor voor aanwezigheid van enzym en e afwezigheid daarvan. De beide ouders zijn CCee en ccEE, dus beide wit; de F_1 is CcEe, dus gekleurd, de F_2 zal zijn:

C E C E gekleurd	C E c E gekleurd	C E C e gekleurd	C E c e gekleurd
c E C E gekleurd	c E c E wit	c E C e gekleurd	c E c e wit

C e C E	C e c E	C e C e	C e c e
gekleurd	gekleurd	wit	wit
c e C E	c e c E	c e C e	c e c e
gekleurd	wit	wit	wit

dus 9 gekleurd tegen 7 wit

Ter illustratie diene het volgende voorbeeld, dat ook nog iets meer gecompliceerd is. Twee witte rassen van pronkerwten (Lathyrus odoratus) werden met elkaar gekruist; deze gaven een F_1-generatie met paarse bloemen, die in de F_2 uiteenviel in paarse, roode en witte, in de verhouding 27 : 9 : 28. Hier zijn vooreerst de twee stellen antagonistische eigenschappen aanwezig, die boven genoemd werden en waarvan de factoren aangeduid werden met de letters C en c, E en e; de combinatie CE geeft hier een roode kleur aan de bloem. Maar daar komt nu bovendien nog een derde stel bij, dat aangeduid zal worden met B en b. De factor B geeft bij aanwezigheid van kleur een blauwe tint bij de roode, zoodat de bloem paars wordt. Ontbreekt daarentegen een van de factoren voor kleur, dan is de aanwezigheid van den factor B niet merkbaar aan het uiterlijk der planten. Zijn dus C, E en B aanwezig, dan is de bloem paars, C, E en b rood, in alle andere gevallen zijn de bloemen kleurloos. De F_1-generatie is CcEeBb en de F_2 zal er als volgt uitzien:

C E B	C E B	C E B	C E B	C E B	C E B	C E B	C E B
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	paars	paars	paars	paars	paars	paars	paars
C E b	C E b	C E b	C E b	C E b	C E b	C E b	C E b
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	rood	paars	paars	rood	rood	paars	rood
C e B	C e B	C e B	C e B	C e B	C e B	C e B	C e B
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	paars	wit	paars	wit	paars	wit	wit
c E B	c E B	c E B	c E B	c E B	c E B	c E B	c E B
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	paars	paars	wit	paars	wit	wit	wit

C e b	C e b	C e b	C e b	C e b	C e b	C e b	C e b
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	rood	wit	paars	wit	rood	wit	wit
c E b	c E b	c E b	c E b	c E b	c E b	c E b	c E b
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	rood	paars	wit	rood	wit	wit	wit
c e B	c e B	c e B	c e B	c e B	c e B	c e B	c e B
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	paars	wit	wit	wit	wit	wit	wit
c e b	c e b	c e b	c e b	c e b	c e b	c e b	c e b
C E B	C E b	C e B	c E B	C e b	c E b	c e B	c e b
paars	rood	wit	wit	wit	wit	wit	wit

dus totaal 27 paars, 9 rood en 28 wit.

Het zij aan den lezer overgelaten, om hier zelf de homo- en de heterozygoten uit te zoeken en dus ook na te gaan, hoe de nakomelingen van elk ervan in de F_3-generatie en in volgende generaties er zullen uitzien.

§ 27.

Een factor B in de vorige § genoemd, die zich in het phaenotype alleen uiten kan, wanneer ook andere factoren aanwezig zijn, noemt men een *epistatischen* factor. Het gegeven voorbeeld maakte den indruk min of meer begrijpelijk te zijn; wij zullen hier nog een tweede voorbeeld leeren kennen, dat er veel onbegrijpelijker uitziet, maar dat in beginsel toch niet anders is, ook al moet toegegeven worden, dat het veel meer moeite gekost heeft, dit te ontwarren.

Het heeft betrekking op een ras van violieren, die in Engeland bekend zijn onder den naam „ten-week stocks". Deze kunnen sterk behaard zijn of volkomen glad. Kruist men behaarde en gladde, dan is het kenmerk behaard domineerend en in de F_2-generatie komt dus de verhouding behaard: glad als 3 : 1 voor den dag.

Tot zoover lijkt alles heel eenvoudig, maar deze proeven gelukken alleen dan goed, wanneer de bloemen, die men kruist, gekleurd zijn,

hetzij rood of paars. Daar glad recessief is, zal men dan bij kruising van twee gladde ook uitsluitend gladde nakomelingen voor den dag zien treden. Wanneer men echter een witte onbehaarde kruist met een gekleurde onbehaarde, dan kan de F_1-generatie behaard zijn en in de F_2 komen dan gladde en behaarde vormen voor, met dien verstande, dat van de witbloemige er geen enkele behaard is; deze laatste waarneming heeft ook tot verklaring van het verschijnsel geleid.

Voor het optreden van kleur is ook hier de aanwezigheid van twee domineerende factoren noodzakelijk, die evenals in het geval van de vorige § C en E genoemd zullen worden. Beharing berust op een factor H tegenover h voor onbehaardheid; maar nu kan deze factor H zich niet naar buiten uiten, ook al is die aanwezig, wanneer een van de domineerende kleurfactoren ontbreekt.

Het volgende geval kan zich nu voordoen: de plant C C E E h h, die dus onbehaard is met paarsgekleurde bloemen, gekruist met c c E E H H, die dus onbehaard is met witte bloemen, geeft een F_1-generatie van de samenstelling C c E E H h, dus behaarde planten met paarse bloemen. In de F_2-generatie vallen deze uiteen in 9 planten, die alle bevatten C, E en H, dus paars en behaard zijn, 3 planten, die alle bevatten C, E en h, dus paars en glad zijn, 3 planten die bevatten c, E en H, die dus witte bloemen hebben en onbehaard zijn en 1 plant, die bevat c, E en h, dus eveneens onbehaard met witte bloemen.

Hier heeft men dus weer een geval, waar de aanwezigheid van een factor uitwendig slechts dan waarneembaar is, wanneer bepaalde andere factoren voorhanden zijn. Dit geval is daarom van zoo groot gewicht, omdat er uit blijkt, dat een plant heterozygotisch zou kunnen zijn voor bepaalde factoren, zonder dat men daarvan iets kon waarnemen, tenzij men toevallig kruiste met een andere plant, die de factoren bevat, die noodig zijn om de eerstgenoemde factoren tot uiting te brengen.

Met iets soortgelijks heeft men te doen, wanneer een domineerende factor zich alleen uiten kan bij een bepaald geslacht, hetzij bij de vrouwelijke of alleen bij de mannelijke individuën; vooral bij dieren zijn dergelijke gevallen in aantal bekend geworden. Tot nu toe zijn zij ondertusschen voor den planter nog niet van belang en zij kunnen hier dus verder met stilzwijgen worden voorbijgegaan. Hetzelfde geldt voor de bespreking van de vraag, of niet het optreden

van mannelijke en vrouwelijke individuën zelf eveneens berust op de aanwezigheid van paren van mendelende eenheden; het is inderdaad waarschijnlijk gemaakt, dat het eene geslacht heterozygotisch zou zijn, het andere homozygotisch met den recessieven factor.

De hiergenoemde epistatische factoren kunnen zich phaenotypisch alleen uiten, wanneer andere factoren aanwezig zijn, maar zij mendelen onafhankelijk van elkaar. Daartegenover zijn nu echter ook gevallen bekend geworden, die men heeft kunnen verklaren, door aan te nemen, dat de factoren niet onafhankelijk van elkaar zijn, maar dat zij hetzij min of meer met elkaar samenhangen, waarbij men dan spreekt van *factorenkoppeling* of waarbij zij elkaar afstooten, dus niet samen in eenzelfde geslachtscel worden aangetroffen. Men krijgt dan andere getallenverhoudingen dan degene, die tot nu toe behandeld werden. Intusschen kan hier ook volstaan worden met vermelding van het voorkomen van die gevallen zonder dat zij nader besproken zullen worden.

§ 28.

Uit hetgeen tot nu toe meegedeeld werd, is in elk geval wel gebleken, dat men niet te spoedig moet concludeeren, dat bij kruising van twee planten de wetten van Mendel geen geldigheid hebben, wanneer men eens schijnbare afwijkingen vindt. Men heeft inderdaad in de laatste jaren een aantal schijnbare uitzonderingen kunnen verklaren; met het oog op het principieele belang er van, zullen hier nog twee voorbeelden genoemd worden.

Het eerste betreft een zoogenaamde aurea-variëteit van de leeuwenbek; met dien naam bestempelt men planten, waarvan de bladeren geelgroen gekleurd zijn. Kruist men zulke planten met elkaar, dan verkrijgt men 1/3 zuiver groene en 2/3 aurea-kiemplantjes De verklaring van dit zonderlinge verschijnsel is deze, dat die aurea-variëteit heterozygotisch is en een factor G bezit voor groen tegenover een factor g voor afwezigheid van groene kleurstof Bij onderlinge bevruchting moeten er dus ontstaan 1 GG tegen 2 Gg en 1 gg; er moeten dus voor den dag komen 1 zuiver groene tegenover 2 aurea's en 1 volkomen kleurlooze. De laatstgenoemde plantjes kunnen wegens het ontbreken van bladgroen niet assimileeren en zijn dus niet levensvatbaar, maar bij nauwkeurig onderzoek dadelijk na de kieming blijken

zij wel aanwezig te zijn; wanneer zij echter wegvallen, blijft er over 1 GG tegen 2 Gg, hetgeen waargenomen werd. Dat deze opvatting juist is, blijkt ten overvloede bij kruising van aurea met zuiver groene planten. Er moeten dan voor den dag komen 50 % GG en 50 % Gg, dus de helft zuiver groen en de helft aurea-planten; dit werd inderdaad gevonden. In het algemeen moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid, dat sommige combinaties van factoren niet levensvatbaar zijn en dit kan zich ook al vroeger uiten, zoodat b.v. ook het zaad niet tot rijpheid komt. In den laatsten tijd zijn gevallen hiervan ontdekt en het is mogelijk, dat een aantal schijnbare uitzonderingen van de wetten van MENDEL op deze wijze verklaard zullen worden.

Een tweede voorbeeld, dat principieel nog belangrijker is, heeft betrekking op kruisingen bij tarwe; gekruist werden een tarwesoort met roode en een andere met witte zaden. De F_1 gaf planten, die roodzadig waren, ofschoon iets lichter van kleur dan de vader; in de F_2-generatie waren ook alle zaden rood gekleurd maar in allerlei graden van kleur, zoodat zij vrij wel gerangschikt konden worden volgens de gewone variabiliteitskromme. Slechts in de nakomelingschap van een van de F_1-planten werd een witzadig individu gevonden; dit en de analyse van de F_3-generatie leverde de oplossing van het raadsel.

De beide tarwerassen onderscheiden zich namelijk door drie paar antagonistische eigenschappen, die hier met de letters R r, S s en T t zullen worden aangeduid. Is hetzij R of S, of eindelijk T aanwezig, dan is het zaad roodgekleurd; komen er meer van deze factoren samen, dan wordt de roode kleur meer intensief. Gekruist werd nu RRSSTT dus roodzadig met rrsstt, witzadig; de F_1 was RrSsTt, terwijl er 8 verschillende categoriën van gameten mogelijk waren RST, RSt, RsT, rST, Rst, rSt, rsT, rst. Deze gaven te zamen 64 combinaties en slechts een van deze is rrsstt, dus wit, alle andere moeten gekleurd zijn, maar in verschillende mate. De kans op het zien optreden van die ééne witte in de F_2-generatie is dus zeer klein; alleen wanneer met een groot aantal individuën gewerkt wordt, is er kans, dat men die voor den dag zal zien komen.

Wanneer men de kleur wit 0 noemt en de verschillende tinten rood aanduidt met de cijfers 1—6, dan geeft elk van de factoren R, S en T, wanneer die homozygotisch aanwezig is, een kleur 2, is die

heterozygotisch een kleur 1. Dus zal RRSSTT een kleur 6 hebben, RRSsTT een kleur 5, rrSsTT een kleur 3, enz. In de volgende tabel vindt men nu op de gewone wijze uitgerekend wat de samenstelling van de F_2-generatie zal zijn:

RST	RST	RST	RST	RST	RST	RST	RST
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
6	5	5	5	4	4	4	3
RSt	RSt	RSt	RSt	RSt	RSt	RSt	RSt
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
5	4	4	4	3	3	3	2
RsT	RsT	RsT	RsT	RsT	RsT	RsT	RsT
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
5	4	4	4	3	3	3	2
rST	rST	rST	rST	rST	rST	rST	rST
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
5	4	4	4	3	3	3	2
Rst	Rst	Rst	Rst	Rst	Rst	Rst	Rst
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
4	3	3	3	2	2	2	1
rSt	rSt	rSt	rSt	rSt	rSt	rSt	rSt
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
4	3	3	3	2	2	2	1
rsT	rsT	rsT	rsT	rsT	rsT	rsT	rsT
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
4	3	3	3	2	2	2	1
rst	rst	rst	rst	rst	rst	rst	rst
RST	RSt	RsT	rST	Rst	rSt	rsT	rst
3	2	2	2	1	1	1	0

Er komen dus in voor:

1 combinatie met de kleur	. . . . rood	6
6 combinaties met de kleur	. . . . „	5
15 „ „ „ „	. . . . „	4
20 „ „ „ „	. . . . „	3
15 „ „ „ „	. . . . „	2
6 „ „ „ „	. . . . „	1
1 „ „ „ „	. . . . wit	0

Men zal dus moeten vinden en men vindt ook inderdaad een verdeeling van de roode kleur over die 64 individuën, die overeenstemt met de verdeeling volgens de waarschijnlijkheidskromme.

Dit laatste geval is vooral leerzaam, omdat er uit blijkt, hoe gemakkelijk men tot onjuiste conclusies kan komen, wanneer men niet een groot aantal individuën onderzoekt en wanneer men de analyse niet minstens tot de F_3-generatie voortzet De gemiddelde kleuren 2, 3 en 4 overwegen hier reeds sterk en wanneer dus het aantal onderzochte planten niet zeer groot is, zal men neiging kunnen voelen om te zeggen: de F_1generatie staat in kleur ongeveer tusschen de ouders in en de volgende generatie vertoont ook vrij wel hetzelfde beeld. Het behoeft nu wel niet meer gezegd te worden, dat dit optreden van constante intermediaire bastaarden hier maar schijn is; in nog hoogere mate zal men iets dergelijks moeten aantreffen in die gevallen, waar een eigenschap, die enkelvoudig lijkt, door nog meer factoren wordt teweeggebracht.

Het is van belang er nog eens op te wijzen, dat een variabiliteitskromme dus niet alleen optreedt als gevolg van de inwerking van uitwendige omstandigheden op een bepaalde eigenschap, maar dat zij ook een uiting kan zijn van bastaardsplitsing. De zaak wordt nog ingewikkelder, wanneer men bedenkt, dat beide oorzaken samen kunnen werken. Het is begrijpelijk, dat een analyse van dergelijke gevallen tot bizondere moeilijkheden aanleiding zal geven. Men krijgt dan reeds in de F_1-, maar vooral in de F_2-generatie een aantal vormen, die schijnbaar geleidelijk van het eene uiterste in het andere overgaan en waarbij het dus zeer moeilijk zal zijn de zuivere homozygoten er uit te halen. Iets dergelijks is o.a. gebleken bij proeven, waarbij klein- en grootzadig lijnzaad gekruist werden en waar in de F_2-generatie de zuivere vormen niet te vinden waren. Dit was hieraan toe te schrijven, dat in de eerste

plaats het onderzochte materiaal niet groot genoeg was en in de tweede plaats daaraan, dat van een klein en van een groot zaad niet met zekerheid te zeggen is, of zij werkelijk geheel en al homozygotisch zijn; alleen de nakomelingschap kan daaromtrent de beslissing brengen. Het is wel zeker, dat de hier genoemde gevallen vermoedelijk veel algemeener voorkomen dan men vroeger gedacht heeft.

§ 29.

Het behandelde in de vorige §§ geeft aanleiding tot het stellen van de vraag, of alle eigenschappen van planten (en dieren) bij kruising mendelen. De groote meerderheid der onderzoekers is geneigd, deze vraag bevestigend te beantwoorden, ook al erkennen zij, dat er gevallen zijn, die men tot nu toe niet onder de wetten van MENDEL heeft kunnen onderbrengen. Maar zij zeggen er bij: tot nu toe en zij wijzen er op, dat er reeds zooveel schijnbare uitzonderingen in het schema zijn ondergebracht, dat het vermoedelijk ook wel eens zal gelukken met die weerbarstige gevallen. Enkele andere onderzoekers meenen, dat er kruisingen zijn, die niet volgens het schema van MENDEL plaats hebben, wellicht zelfs vele kruisingen. Het is tot nu toe moeilijk, om hier een zekere beslissing te nemen, alleen groote voorzichtigheid is plicht, voordat men een stellige uitspraak doet in een dergelijk geval. Het zal goed zijn, enkele voorbeelden te noemen, die men tot nu toe niet onder de mendelende verschijnselen heeft kunnen onderbrengen.

Het zijn voorbeelden, die waargenomen zijn bij Oenothera Lamarckiana en bij de mutanten daarvan en bij enkele andere soorten van hetzelfde geslacht. Een kruising van O. Lamarckiana met O. nanella gaf in de F_1-generatie twee verschillende vormen en wel ongeveer 20 % nanella's en de rest Lamarckiana's; het percentage van 20 is een gemiddelde en het liep bij verschillende kruisingen uiteen van 1—50 %. Het was daarbij onverschillig, welke van die twee vormen als vader- en welke als moederplant gebezigd werd, terwijl in de F_2 en volgende generaties de beide vormen constant waren.

Een tweede voorbeeld heeft betrekking op de bastaarden van de twee soorten Oenothera biennis en muricata, die in Nederland in het wild groeien. De wederzijdsche kruisingen zijn hier niet gelijk, maar hebben zeer veel overeenkomst met den vader; zoo gelijkt dus de bastaard,

ontstaan door kruising van de vrouwelijke biennis met het stuifmeel van muricata, op muricata, terwijl daarentegen diegene, welke verkregen wordt door het stuifmeel van biennis op den stempel van muricata te brengen, het meeste overeenkomst vertoont met biennis.

Een derde voorbeeld heeft betrekking op de zoogenaamde tweelingsbastaarden, die men bij de teunisbloemen aantreft. Wanneer men Oenothera Lamarckiana als moeder kruist met het stuifmeel van de O. biennis, dan krijgt men een vorm, die in volgende generaties constant schijnt en die het midden houdt tusschen de beide ouders. Maar wanneer men het omgekeerde doet, wanneer dus de stempel van biennis bestoven wordt met het stuifmeel van Lamarckiana, dan ontstaan er bastaarden, die, hoewel zij in het algemeen een tusschending zijn tusschen de beide ouders, zich daarnevens voordoen in twee scherp gescheiden vormen. De eene heeft breede, platte, heldergroene bladeren en heeft den naam O. laeta gekregen; de andere, die O. velutina genoemd wordt, heeft smallere, min of meer gootvormige bladeren, die sterker behaard zijn; beide vormen ontstaan in een vrij wel even groot aantal.

Wij zullen deze voorbeelden niet verder uitwerken, ook niet melden, wat door sommige onderzoekers ter verklaring is aangegeven, want niemand heeft deze gevallen nog volledig kunnen ophelderen. Liever willen wij er hier nog eens op wijzen, dat men bij kruisingsproeven zekerheid moet hebben van de zuiverheid van het uitgangsmateriaal. De stamvormen moeten zuiver zijn en dat kan men ze uiterlijk niet aanzien, maar dit moet eerst door proeven worden uitgemaakt. Men kan eigenlijk wel met zekerheid zeggen, dat in de natuur al die planten, waar kruisbestuiving regel is, heterozygoten zijn; pas door kultuur kan men hier somtijds de homozygotische vormen uithalen. Daarom vooral neemt men zijn proeven gaarne met zulke planten, waar dit gevaar niet bestaat, waar dus onder normale omstandigheden zelfbestuiving voorkomt.

Het spreekt wel haast van zelf, dat er met de meeste zorg voor gewaakt moet worden, dat alleen die bestuiving plaats heeft, die bij de kruising bedoeld werd. Er komen zeker nu en dan fouten in dat opzicht voor en zulke fouten zijn vooral daarom zoo hinderlijk, omdat het voor latere onderzoekers dikwijls buitengewoon moeilijk is, het bewijs te leveren, dat hier een fout gemaakt werd. Dat men oudere onderzoekingen, dateerend van den tijd vóór de wederontdekking der

wetten van Mendel, niet als bewijsmateriaal mag gebruiken, spreekt wel haast van zelf.

§ 30.

In aansluiting aan hetgeen in de vorige §§ behandeld werd, zal hier nog eens in het kort vermeld worden, welke leeringen de praktijk daaruit trekken kan.

De praktische planter stelt zich natuurlijk ten doel zijn kultuur zoodanig in te richten, dat hij onder de omstandigheden waaronder hij werken moet, de grootst mogelijke opbrengst van zijn gronden verkrijgt, hetzij door een product van hooge waarde, zij het ook in geringe kwantiteit te kweeken, of door een zeer groote hoeveelheid product, waarbij dan desnoods minder op de kwaliteit behoeft gelet te worden. Hij zal dus de daarvoor meest geschikte soorten of rassen moeten trachten te kweeken en wel liefst zoodanige, die hun voordeelige eigenschappen ook constant op hunne nakomelingen overdragen.

Reeds sinds overoude tijden heeft de mensch, meerendeels onbewust, een keus uitgeoefend en getracht voordeelige rassen van landbouwgewassen te verkrijgen. Sedert een eeuw ongeveer is hierbij door de meest beschaafde volkeren op stelselmatige wijze te werk gegaan. Maar eerst de onderzoekingen der laatste twintig jaren hebben het mogelijk gemaakt om, zich hierbij geheel baseerende op de uitkomsten der natuurwetenschap, een weg te bewandelen, die niet alleen veel sneller dan de vroegere werkwijze tot het gewenschte doel voert, maar die ook een veel grootere zekerheid aanbiedt, dat men dit doel inderdaad zal bereiken.

Een eerste zeer belangrijk resultaat is dan wel dit, dat selectie van afwijkingen, die een gevolg zijn van de werking van bepaalde uitwendige omstandigheden, dus van modificaties, van nul en geener waarde is. Hoogstens kan die invloed zich laten gelden op het zaad of op de knoppen, waaruit de jonge planten voor den dag komen; deze zullen hierdoor krachtiger of minder krachtig kunnen zijn, zoodat de jonge individuën hiervan ook den invloed kunnen ondervinden, maar van erfelijkheid kan hier niet gesproken worden.

Het eerste werk, dat nu bij elke kultuurplant moet geschieden, is het isoleeren van de talrijke zuivere enkelvoudige rassen uit de

mengsels, die gewoonlijk gekweekt worden. Dit gaat betrekkelijk gemakkelijk, wanneer de voortplanting plaats heeft door zelfbestuiving of vegetatief, of ook langs parthenogenetischen weg. Het is dan noodig, die individuën, welke verschillend lijken, uit elkaar te zoeken en van ieder de zaden afzonderlijk uit te zaaien, dan wel afzonderlijk stekken er van te nemen. Het zal daarbij dan gewoonlijk wel blijken, dat volstrekt niet ieder van de zoo uitgekozen planten tot een afzonderlijke zuivere lijn behoort, sommige zullen voedingsmodificaties zijn. Hoe meer men echter het geheele onderzoekingsmateriaal gelijkelijk behandelt, des te meer zal het mogelijk zijn de verschillende zuivere lijnen uit elkaar te houden en ze daarna te beoordeelen, wat hun waarde voor de kultuur betreft. Een selectie, waarbij op de oude wijze de zaden van de beste planten gezamenlijk geoogst en uitgezaaid worden, heeft weinig kans op succes, wanneer niet toevallig zeer gunstige constellaties aanwezig zijn.

Er werd vroeger reeds vermeld, dat bij rijst en cassave op de hiergenoemde wijze een aantal zuivere lijnen geïsoleerd zijn, maar eigenlijk heeft men dit nog veel vroeger gedaan bij het suikerriet. Daar was het ook zeker het gemakkelijkst, omdat de voortplanting door stekken geschiedde en tevens omdat een beoordeeling van de waarde der verschillende rassen zoo gemakkelijk is, waar deze in hoofdzaak neerkomt op weging van de rietstengels en bepaling van het suikergehalte. Het is begrijpelijk, dat er bij andere kultuurplanten nog nauwelijks of in het geheel niet begonnen is met die selectie, omdat de kenmerken, waarop men hierbij letten moet, zoo moeilijk aan te geven zijn. Men denke maar eens aan thee of hevea, waarbij nog in het midden gelaten wordt, dat hier de moeilijkheid bijkomt, dat dit kruisbestuivers zijn.

Wanneer het te doen is om nieuwe vormen te verkrijgen, kan afgewacht worden, of zich ook mutaties voordoen; maar de kans daarop schijnt vooralsnog niet zeer groot te zijn. Toch moet elk planter zeer zorgvuldig letten op alle afwijkende individuën in zijn aanplantingen; want daaronder *kunnen* mutaties voorkomen. In elk geval zal men wel meestal nieuwe vormen trachten te verkrijgen door kruising en dit zal zeker noodig zijn, wanneer men bepaalde gunstige eigenschappen, die aan verschillende rassen eigen zijn, in een zelfde ras wil combineeren.

De praktische uitvoering van die kruisbestuivingen zal hier niet

behandeld worden, dus ook niet de moeilijkheden, die men ondervindt bij zulke planten, waar van nature kruisbestuiving voorkomt en waar een kunstmatige overbrenging van het stuifmeel op den stempel van bepaalde planten op onoverkomelijke bezwaren stuit. De thee kan als voorbeeld van dit laatste bezwaar gelden; men tracht dit thans te omgaan door de theestruiken, die men kruisen wil, te planten tusschen geheel andere kultures, op dezelfde wijze als dit ook reeds met koffie geschiedt. Intusschen zal dit punt verder buiten bespreking blijven, om alleen in de laatste § nog eens te herinneren, aan de beginselen, volgens welke de bastaardeeringsproeven moeten worden uitgevoerd.

§ 31.

In de eerste plaats moet er nog eens op gewezen worden, dat het volmaakt onverschillig is, hoe het eerste kruisingsproduct, dat men verkrijgt, de F_1 er uitziet. Men moet alleen trachten er zooveel mogelijk planten van te verkrijgen, deze met elkaar bestuiven en dan de F_2-generatie nauwkeurig bestudeeren, eventueel ook de nakomelingen daarvan, om te komen tot een homozygotisch ras, waarin de gewenschte eigenschappen voorhanden zijn. Wanneer die eigenschappen recessief zijn, gaat dit betrekkelijk snel, daar zij zich dan alleen homozygotisch uiten; lastiger wordt het, wanneer het domineerende kenmerken zijn. Een voorbeeld kan dit verschil nog eens ophelderen.

Bij de Primula's komen twee vormen van bloemen voor; sommige zijn langstijlig, dat wil zeggen, zij hebben een langen stijl en korte meeldraden, andere zijn kortstijlig; de stijl is daar zoo lang als de meeldraden bij den langstijligen vorm en omgekeerd hebben de meeldraden de lengte van den stijl bij de langstijlige bloemen. Bij kruising is nu gebleken, dat deze beide kenmerken mendelen en wel zoodanig, dat kortstijligheid domineert. Langstijlige bloemen met elkaar bestoven zijn dus altijd zuiver, kortstijlige kunnen homozygoten zijn, maar ook dikwijls bastaardnatuur bezitten. Het is nu geheel hiermede in overeenstemming, dat de gewone Primula sinensis, die de kweekers altijd langstijlig wenschen, reeds sedert jaren zonder eenige moeite zuiver was te houden, terwijl daarentegen de Primula Auricula, die kortstijlig gewenscht wordt, maar niet zuiver was te krijgen. Jarenlange selectie gaf niets; men bedenke daarbij echter, dat die selectie uitgevoerd werd, zonder dat men de

wetten van MENDEL kende; thans zou het niet zoo heel veel moeite meer kosten, de homozygoten er uit te halen.

Tot nu toe werd verondersteld, dat men te maken had met planten, die van nature tot de zelfbestuivers behooren. Daar waar men te doen heeft met kruisbestuivers, wordt de zaak veel moeilijker, omdat men wel bijna met zekerheid voorspellen kan, dat een willekeurig individu uit de natuur geïsoleerd, steeds heterozygotisch zal zijn. Men kan nu echter nog onderscheid maken tusschen die gevallen, waar nog wel kunstmatige zelfbestuiving mogelijk is en die waar deze tot de onmogelijkheden behoort, b.v. bij eenslachtige, tweehuizige gewassen. In het eerste geval zal het door zelfbestuiving en onderzoek van de opvolgende generaties wellicht nog mogelijk zijn, een aantal constante vormen, dus homozygoten te isoleeren, waarmee men dan verder handelen kan als bij de zelfbestuivers, die zoo straks behandeld werden. In het tweede geval worden de complicaties zoo groot, dat een systematische onderzoeking nauwelijks resultaten belooft en men dus haast beter doet op de ouderwetsche wijze in het wilde weg te kruisen en te hopen, dat er wel eens gunstige vormen zullen optreden. Er bestaat vooral aanleiding op die wijze te werk te gaan, daar waar men niet over constante vormen behoeft te beschikken, omdat de planten zich langs vegetatieven weg laten vermenigvuldigen zooals bij de vruchtboomen in Europa en ook enkele in de tropen (mangga, pisang) en bij het suikerriet.

Uit hetgeen hier meegedeeld werd, laat zich wel afleiden, dat het nemen van kruisingsproeven niet het werk van iedereen is. In het algemeen zal men goed doen, dit over te laten aan de Proefstations, waar elke kultuurplant in dat opzicht aan een uitvoerig onderzoek kan worden onderworpen en waar ook reeds belangrijke resultaten zijn verkregen, b.v. bij de tabak.

Dat wil echter niet zeggen, dat de planter, die zelf bastaardeeringsproeven wil nemen, ook niet belangrijke uitkomsten zou kunnen verkrijgen. Daarvoor is het dan echter noodig, dat hij geheel thuis zij in de moderne erfelijkheidsleer. Een dergelijke kennis zal alleen verkregen kunnen worden bij de bestudeering van uitvoeriger werken, waaromtrent men aan de Proefstations inlichtingen zal kunnen verkrijgen. Daarentegen zal de bedoeling van dit hoofdstuk bereikt zijn, wanneer het den planter in staat stelt het werk te begrijpen, dat aan de Proefstations verricht wordt.

PLANTENZIEKTEN EN HARE BESTRIJDING

DOOR

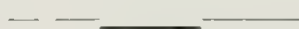
PROF. DR. JOHA. WESTERDIJK.

INHOUD.

ALGEMEENE PLANTENZIEKTELEER.

Het leven van de parasieten en hare voedsterplanten en de op de kennis daarvan gebaseerde bestrijdingsmethoden.

BIJZONDERE PLANTENZIEKTELEER.



Inleiding.

Dit hoofdstuk wil geenszins een opsomming van alle op Oost-Indische kultuurplanten voorkomende ziekten en beschadigingen zijn. Onder de behandeling van de verschillende cultures in het tweede en derde deel vindt men min of meer uitvoerige besprekingen van de ziekten met afbeeldingen; aan de beschrijving van het ziektebeeld is daar meestal vastgeknoopt een kort overzicht van de bestrijdingswijze.

Wij willen te dezer plaatse op den voorgrond stellen onze kennis van plantenziekten in het algemeen, de problemen die zich in de moderne ontwikkeling van de leer der plantenziekten voordoen en wel voor zoover deze voor de practijk van belang zijn. Het leven van de parasieten eenerzijds, het leven van de cultuurplanten anderzijds en de betrekkingen, die tusschen hen beide bestaan, worden voorop gezet; aan de hand daarvan worden de daaruit volgende bestrijdingswijzen behandeld.

Evenmin als echter in de hoofdstukken over groei, voortplanting enz., alleen de groei of de voortplanting van de tropische gewassen kon behandeld worden, kan dit bij een algemeene bespreking van ziekten en beschadigingen het geval zijn.

De studie van de plantenziekten in de gematigde luchtstreken is ouder dan die in de tropen. In de laatstgenoemde streken bouwt men voort op methoden van onderzoek en bestrijding, die in onze breedten zijn ontstaan. Gedurende de laatste vijfentwintig jaren is echter ook de studie van de plantenziekten in onzen Archipel met kracht ter hand genomen. De studie van de ziekten van het suikerriet behoort hier ook weer onder de eersten Men heeft ingezien, dat, om met goed gevolg den strijd tegen het heirleger van verwoestende parasieten aan te binden, een grondige kennis van de oorzaken van de plagen noodzakelijk is. Dit neemt niet weg, dat er daar, zoowel als elders, ontdekkingen op dit gebied aan het toeval zijn te danken.

In West-Europa heeft men in het algemeen te maken met cultures van kleine uitgestrektheden en op die kleine plekken wisselt men, zoo mogelijk, dikwijls van gewas. Anders is het in onzen Oost, waar de cultures veel grootere oppervlakten beslaan, waar een groot deel van de cultuurplanten boomen zijn en de parasieten zich dus veel sterker en gemakkelijker kunnen verbreiden dan in Europa het geval is. In dit opzicht zijn de Indische cultures eerder met de Amerikaansche te vergelijken, waar ook de plagen in intensiteit meest verre boven de Europeesche staan.

Toen men kort na het midden der 19de eeuw de plantenziekten volgens een vast plan begon te bestrijden, gebeurde dit hoofdzakelijk door het aanwenden van chemicaliën. De ontwikkeling van de insecticiden (de chemicaliën, die men tegen de insectenbeschadigingen gebruikt) en de fungiciden (de stoffen, die men tegen zwamziekten aanwendt) heeft na 1880 een hooge vlucht genomen. In die tijden werd in onze tropen nog weinig aan ziektebestrijding gedaan. In den tegenwoordigen tijd is deze methode van bestrijding weer eenigszins op den achtergrond geraakt en werkt men in den strijd tegen de ziekten met verbetering van de cultuurvoorwaarden, met het invoeren en kweeken van onvatbare variëteiten en met het aankweeken van de natuurlijke vijanden der parasieten. Deze laatste methode is nog in haar kinderjaren en men weet nog lang niet wat van haar te verwachten is. Op de eerste twee heeft men zich in Oost-Indië in vele gevallen met goed gevolg geworpen, ook de derde vindt daar zeer veel belangstelling, terwijl het chemicaliën stadium daar bij vele cultures overgeslagen is. Anders is het in Amerika geweest, waar het gebruik van een groot aantal parasietendoodende stoffen ontstaan is, toen de onderzoekingen over plantenziekten reeds in vollen fleur waren.

Om een eenigszins dieper inzicht in het wezen der plantenziekten en haar bestrijding te krijgen, zijn hier dus steeds de werkwijzen, zoowel in Europa als in de Vereenigde Staten naast de tropische besproken. Nu eens moest een ziektegeval van hier, dan van daar aangehaald worden om een methode van onderzoek of bestrijding te illustreeren.

Met de reusachtige uitbreiding van de cultures op Java en het verdwijnen van de bosschen wordt de uitbreiding van ziekten hoe langer hoe gemakkelijker. Waar vroeger door het braak liggen van het land nog plagen gekeerd konden worden, doordat aan de parasieten op deze wijze het noodige voedsel onthouden werd, komt dit thans niet meer voor.

Menige cultuur heeft door hevige plagen een gevoeligen knak gekregen. Wij staan tegenover die achteruitgangen soms nog machteloos, maar toch heel anders dan vijf en twintig jaar gelegen, nu wij van de oorzaken beter op de hoogte zijn. En de strijd tegen al die organismen heeft al weer het voordeel, dat men de wijzen van kultiveeren gaat veranderen en verbeteren, waardoor de intensiteit der cultures slechts kan winnen.

Plantenziekten kunnen verschillende oorzaken hebben. Het meerendeel heeft haar ontstaan te danken aan de inwerking van plantaardige (schimmels en bacteriën) of dierlijke parasieten. In het laatste geval spreekt men veelal van plagen Ziekten kunnen bovendien nog ontstaan door slechte cultuurvoorwaarden, door verkeerde bewerking, door allerlei invloeden van den bodem, op welken dikwijls een gewas niet thuis behoort. Veelal hebben dergelijke omstandigheden of ook wel klimaatsstoringen een verzwakkenden invloed op de plant, die dan het optreden van parasieten ten gevolge heeft.

Het meest op den voorgrond treden in onze koloniën de insectenplagen Vergeleken bij den toestand in Europa en Noord-Amerika, zijn de schimmel- en bacteriënziekten in de minderheid. Hoewel men zou meenen, dat juist in het heete, zeer vochtige klimaat schimmels zeer welig zouden tieren, is dit toch niet het geval. In de gematigde luchtstreken is het voor vele plantenparasieten bekend, dat zij juist lagere temperaturen voor haar kieming noodig hebben. Mogelijk is voor tal van schimmels de temperatuur te hoog.

Wij willen dus eerst het leven van plantaardige en dierlijke parasieten in het algemeen behandelen, voorts haar betrekkingen tot de voedsterplanten en de bestrijdingswijze, die op deze kennis gebaseerd is. Ten slotte de verschillende groepen van parasieten, met haar levenswijzen wat nader bespreken, en ook hieraan beschouwingen over de bestrijdingswijze vastknoopen.

ALGEMEENE PLANTENZIEKTELEER.

Het leven van de parasieten en hare voedsterplanten en de op de kennis daarvan gebaseerde bestrijdingsmethoden.

Het leven van parasitische schimmels en bacteriën.

Alvorens nader op het leven van de parasitische schimmels en bacteriën in te gaan, is het noodig een kort begrip te geven van de vormen dezer organismen.

Schimmels bestaan uit draden, die het zoogenaamde mycelium of zwamweefsel, vormen. Deze draden zijn door dwarswanden verdeeld (gesepteerd) en dus uit cellen opgebouwd, terwijl bij een enkele groep de dwarswanden ontbreken. Deze draden kunnen zich nu dooreen vlechten, zoodat er een min of meer vast weefsel ontstaat. In structuur wijkt zulk een „onecht" weefsel sterk af van het weefsel der hoogere planten, want het bestaat uit niet anders dan de in cellen verdeelde draden, die zich hoogstens met een dun huidje kunnen omgeven. Er ontstaan dan zoogenaamde s k l e r o t i e n, kleine bruine of zwarte lichaampjes van allerlei vorm, die tegen droogte en koude bestand zijn en een ruststadium van de zwam voorstellen.

Iets meer samengesteld zijn de voortplantingsorganen, die met zeer verschillende hulsels kunnen zijn bekleed.

Het meest algemeen is de ongeslachtelijke voortplanting van de schimmels, waarbij een draad aan den top of in het midden (intercalaar) een cel afsnoert, die in staat is te kiemen en weer mycelium te leveren. Daar wij later de levensgeschiedenis van een aantal parasieten uitvoerig zullen behandelen, is het gewenscht hier enkele termen, die op de voortplantingsorganen der schimmels betrekking hebben, nader te verklaren.

Wanneer een schimmeldraad, ook wel hyphe genoemd, aan zijn einde een cel afsnoert, die een min of meer afgeronden vorm heeft, dan noemt men deze c o n i d i ë. Deze conidiën worden soms eenvoudig door een draad afgesnoerd; soms zijn het echter op een bepaalde wijze vertakte draden, die de conidiën voortbrengen en die dan conidiëndragers genoemd worden.

Zoo kent men conidiëndragers, die als druiventrossen vertakt zijn, anderen die kwastvormig zijn samengesteld.

Het kan ook gebeuren, dat in het mycelium eenige cellen zich afronden, loslaten en een verdikten wand krijgen. De op deze wijze gevormde sporen, noemt men chlamydosporen. Zie fig. 88. Zij zijn door haar dikkeren wand veel beter beschermd tegen schadelijke invloeden (koude, droogte) dan de conidiën.

Vormen zich sporen in een omhulsel, een blaasvormige opzwelling aan het einde van een hyphe, dan noemt men dit een sporangium. Bij een bepaalde groep van parasieten komen in deze sporangiën sporen voor, die een eigen beweging hebben; zij zwemmen namelijk met trilharen in waterdruppels rond en worden zwermsporen genoemd.

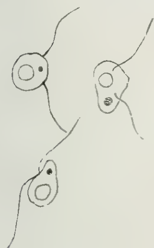


Fig. 84.
Zwermsporen van Phytophthora Faberi. (Cacao-kanker).

Vroeger meende men, dat een geslachtelijke voortplanting slechts bij één groep van schimmels voorkwam, namelijk bij de zoogenaamde wierzwammen (Phycomyceten), dezelfde, die nog de bewegelijke zwermsporen voortbrengen en door deze beide eigenschappen sterk aan wieren doen denken, waarvan zij dus ook alleen door het ontbreken van bladgroen verschillen. Later heeft men die geslachtelijke voortplanting bij tal van zwammen ontdekt, hoewel ze bij sommige zeer moeilijk nog als zoodanig te herkennen is. De bevruchting heeft soms plaats tusschen niet van elkaar te onderscheiden draden. In het algemeen mag men echter als waarschijnlijk aannemen, dat de meer gecompliceerde vruchtlichamen bij de zoogenaamde „hoogere zwammen" het product zijn van een bevruchting.

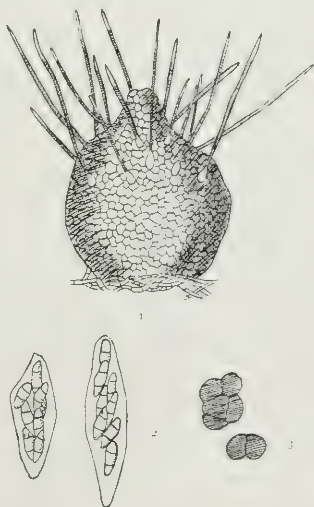


Fig. 85.
Roetdauw op koffie. (Limacinia coffeicola).
1. Perithecium of ascusvruchtje; 2. Asci, elk met 8 ascosporen; 3 Conidiën van een andere roetdauwsoort.

Onder die hoogere zwammen, die tegenover de wierzwammen staan, komen

er twee groote groepen voor, namelijk de Ascomyceten en de Basidiomyceten. Bij de Ascomyceten ontstaan de sporen meest ten getale van acht in kiemblazen of asci, die het product zijn van een geslachtelijke voortplanting. Deze asci kunnen nu omgeven zijn door kleine ronde hulsels, ter groote van een speldeknop, die men perithecien of ascusvruchtjes noemt. De ascusvruchtjes kunnen in een weefsel van draden zijn ingeplant of vrij op de voedsterplant staan. Er moet hier uitdrukkelijk bijgevoegd worden, dat deze zwammen zich allen bovendien ongeslachtelijk door conidiën of chlamydosporen kunnen voortplanten.

Hetzelfde geldt voor de tweede groote groep van hoogere zwammen, de Basidiomyceten, bij welke de sporen basidiosporen worden genoemd. Zij staan ten getale van vier op kleine steeltjes.

Bij enkele Basidiomyceten heeft men waargenomen, dat een bevruchting aan de vorming van deze basidiosporen vooraf ging. De verschijnselen zijn hier echter gecompliceerd en voor dit doel van geen belang.

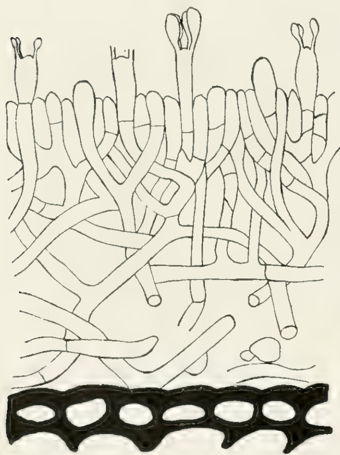


Fig. 86.
Djamoer oepasschimmel. (Corticium javanicum).
Hyphen met basidiën en basidiosporen.

Bacteriën zijn veel eenvoudiger gebouwd. Het zijn uiterst kleine wezentjes, die niet dan met zeer sterke vergrootingen te zien zijn en meestal staaf- soms kogelvormig van bouw zijn. Zij vermenigvuldigen zich door deeling op de meest eenvoudige wijze. Onder het mikroskoop ziet men ze steeds in trillende beweging. Sommige zijn van een zweephaar voorzien.

Schimmels en bacteriën zijn beide, zoolang in het hoofdstuk over voeding reeds uiteengezet is, planten zonder bladgroen, die bij gevolg het noodige voedsel niet uit het koolzuur uit de lucht kunnen opbouwen, doch aangewezen zijn op voedingsstoffen uit levende of doode planten. Vroeger is ook het verschil uiteengezet tusschen saprophyten en parasieten, waarvan dus de eerste op doode, de tweede op levende plantendeelen teren. Ons interesseeren hier verder alleen de parasieten onder bovengenoemde groepen.

In de menschelijke en dierlijke pathologie spelen de bacteriën de hoofdrol, daar komen veel minder schimmels dan bacteriën voor als veroorzakers van epidemische ziekten. Bij planten is dit omgekeerd. Men heeft lang gemeend, dat er geen door bacteriën veroorzaakte plantenziekten bestonden. Er zijn zelfs nu nog stijfhoofden, die er niet aan gelooven, omdat zij meenen, dat bacteriën geen onverwonde planten kunnen binnen dringen. Wij zullen later zien, dat dit wel het geval kan zijn. Er komen ook telkens meer bacteriëele plantenziekten voor den dag, hoewel de schimmelziekten de overhand blijven houden. Hoe dit nu komt is niet volkomen duidelijk. Het is mogelijk, dat de reactie van den gastheer de schuld heeft. Schimmels leven namelijk graag op een zuren bodem, terwijl bacteriën in den regel aan een alkalisch reageerend substraat de voorkeur geven. Nu reageeren planten meestal zuur, terwijl dierlijke weefsels alkalisch zijn. De voorkeur van schimmels voor planten zou dus met het zure substraat kunnen samenhangen.

Gaan wij eerst het leven der schimmels meer in bijzonderheden na.

Het mycelium, het vegetatieve deel dus der schimmels, verbreidt zich uiterst snel en gemakkelijk niet alleen op, doch ook door plantendeelen heen. Er zijn schimmels, die hoofdzakelijk buiten op plantendeelen leven en slechts met zeer korte draadjes in de opperhuid der voedsterplant doordringen; anderen daarentegen leven voornamelijk binnen in de plant. Hoewel de eerste minder schadelijk lijken, kunnen zij toch bij nadere beschouwing veel kwaad aan de planten berokkenen. De korte hyphen, die zij naar binnen zenden en die tot een zuigorgaan zijn omgevormd, onttrekken het voedsel aan de plant, terwijl bovendien het dichte mycelium bladeren en stengels zoo kan omspinnen en daarbij de huidmondjes afsluiten, dat deze organen onder de dikke laag verstikken. Het zijn voornamelijk de echte meeldauwzwammen, die planten met zulk een wit vilt kunnen omkleeden. Tropenbewoners zijn onder deze zwammen zeldzaam.

In vele opzichten anders leven de zwammen, die binnen in de voedsterplant haar weg banen. Hieronder vinden wij er, die beginnen met buiten tegen de opperhuid kleine bosjes van korte draden te vormen (men zou deze hechtschijfjes kunnen noemen), waaruit de draden in de opperhuid doordringen en zich verbreiden door de intercellulaire holten van het blad. Anderen vormen zuigorgaantjes, zoogenaamde haustoriën in de cellen, waardoor zij den inhoud ervan uitzuigen. Wij vinden ze bij

de bij uitstek parasitisch levende roestzwammen en bij de brandzwammen. De voortplantingsorganen worden natuurlijk meest buiten op de plant gevormd. Men ziet dan, dat de draden, die de sporen zullen dragen, uit de huidmondjes naar buiten groeien, terwijl bij andere de voortplantingsorganen wel in het weefsel van blad of stengel worden aangelegd, doch door het barsten van de opperhuid door de daaronder optredende woekering, de sporen naar buiten vrij komen.

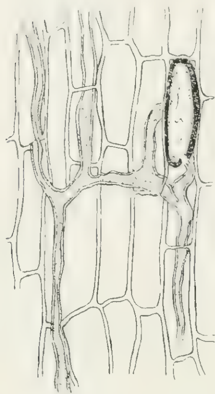


Fig. 87.
Schimmeldraden in het weefsel van een suikerriet-wortel.

Wanneer de schimmels naar binnen zijn gedrongen, zuigen zij de plantencellen uit. Om de wanden te doorboren, scheiden zij stoffen af, die men enzymen noemt, en die bij de schimmels dus cellulose splitsende enzymen moeten zijn: immers de celwanden zijn uit cellulose opgebouwd. Sommige dringen ook in de houtvaten door en gaan dan door de dunne plekken van den houtwand (de stippels) van het eene vat in het andere over. Andere kunnen niet direct in de levende cel binnendringen, doch vormen vergiften, die als het ware de schimmeldraden vooruitloopen, de cellen dooden en op die manier den weg banen voor de hyphen. In zulke gevallen ziet men sterke bruinkleuring van weefsel, waarin de hyphen nog niet zijn doorgedrongen. Het uitzuigen van deelen van de voedsterplant kan zoo ver gaan, dat men kan zeggen, dat zij zijn opgelost. Bij den builenbrand van de maïs bijvoorbeeld zullen wij zien, dat een gedeelte van de kolf geheel verwoest wordt en men slechts een groote massa brandsporen daarvoor in de plaats vindt.

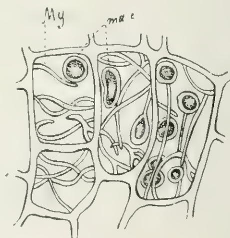


Fig. 88.
Kanker van de koffie. (Rostrella coffeae).
Mycelium (*my*) en chlamydosporen (*ma. c.*) in de cellen van het schorsweefsel van de koffie.

Sommige parasieten verbreiden zich over groote afstanden in de plant; daar kan door infectie met een enkele spore een plant over groote afstanden doorgroeid worden, zooals bijvoorbeeld bij zwammen in den stam van boomen het geval is. Eén zeer kleine uitbreiding daarentegen hebben de schimmels, die bladvlekken veroorzaken en waarvan het mycelium slechts over enkele cellen doordringt.

Terwijl nu de eene parasiet haar voedsterplant uitzuigt, gaat er van een andere parasiet een geheel anderen invloed op den hospes uit. Wij hebben reeds gezegd, dat een parasiet bepaalde stoffen afscheidt, die min of meer giftig op de voedsterplant werken. De voedsterplant kan namelijk op den prikkel, die van de parasiet uitgaat, reageeren door vergrooting van haar cellen of door abnormaal sterke celdeeling.

Het plantendeel is dan meer volumineus dan gewoonlijk en vormt een *hypertrophie*. Een voorbeeld daarvan zijn de krulloten van de cacao in Suriname. Die krulloten zijn opgezwollen, gekromde takjes, die onder den invloed van een schimmel, welke in het merg woekert, zijn ontstaan. Nemen hypertrophieën bepaalde vormen aan, dan spreekt men van gallen.

Bij bespreking van de dierlijke parasieten zullen de gallen uitvoeriger ter behandeling komen. Schimmels kunnen echter ook gallen, zij het ook kleine, veroorzaken.

De prikkel, dien de parasiet op de voedsterplant uitoefent, kan ook tengevolge hebben, dat deze in veel sterkere mate haar knoppen tot ontwikkeling gaat brengen. Knoppen, die anders zouden blijven slapen, vormen dan takjes. De talrijke „heksenbezem" vormingen zijn niet anders dan proppen van takken door inwerking van een schimmel uit slapende knoppen ontstaan. In Kameroen treft men ze op cacao aan, in Europa veel op berken en op sparren.

Een groot aantal parasieten zijn niet in staat gezond weefsel direct aan te tasten. Zij kunnen geen stoffen afscheiden, die de kurklagen van de plant doorboren, maar kunnen slechts door wonden, of spleten of in het algemeen door beschadigde plekken naar binnen dringen. Die organismen noemt men wondparasieten. Zoo zijn de bibitziekten bij het suikerriet (roodsnot en ananasziekte) aan wondparasieten toe te schrijven. Kankerziekten van stammen zijn meestal op wondparasieten terug te voeren. Ook de echte boomzwammen, de Polyporeëen, gebruiken doode stompen als deur om in het hout binnen te komen.

Gaan wij ten slotte nog het leven van parasitische bacteriën na, dan vinden wij, dat er ook onder deze een groot aantal voorkomen, die slechts door wonden en scheurtjes naar binnen kunnen dringen. Andere kiezen de openingen, die elke gezonde plant bezit. Door mechanische kracht, zooals de schimmeldraden, kunnen zij niet naar binnen komen.

Men heeft bij verscheidene bacteriëele plantenziekten kunnen waarnemen, dat de huidmondjes en waterporiën de deur vormen, waardoor de parasieten naar binnen treden. Bij een groot aantal van deze ziekten leven de bacteriën in de houtvaten, er zijn dus vaatparasieten. De vaten worden verstopt en de waterstroom gestoord. Langs de vaten verspreiden zich de bacteriën door de geheele plant. Verder veroorzaken zij evenals schimmels, blad- en vruchtvlekken, en kunnen ten slotte zachtere deelen, vruchten, knollen en bollen tot een natte rotting doen overgaan.

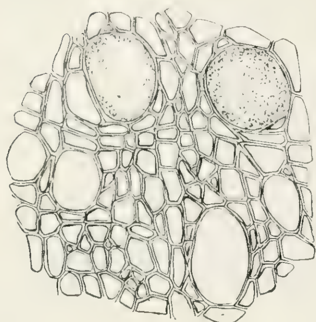


Fig. 89.
Doorsnede van een gedeelte van den stengel van een door bacteriën aangetaste aardappelplant. De bacteriën zijn opgehoopt in de groote vaten.

Bacteriën zijn in het algemeen sterke giftvormers, die hun giften tot ver buiten de plek, waar zij in de plant leven, doen doordringen en zoodoende binnen korten tijd plantendeelen tot rotting kunnen doen overgaan.

Het leven van parasieten onder de hoogere planten.

In enkele gevallen komen hoogere planten als parasieten voor. Daaronder vindt men boomparasieten, die met zuigwortels tot in het hout van de voedsterplant binnen dringen en daaruit de voedingsstoffen tot zich trekken. Zijn de zuigwortels eenmaal daar aangeland, dan vertakken zij zich en zenden talrijke zijtakken in de lengterichting van het hout. Deze geven op haar beurt weer radiale takjes af, die in de mergstralen van het hout doordringen. In Indië zijn het de Loranthus-soorten (cacao en koffie), in Europa de Viscumsoorten die, op deze manier ten koste van allerlei kultuurplanten leven.

Behalve deze vindt men nog halfparasieten, die gedeeltelijk met de wortels op wortels van andere planten leven, doch die zelf toch nog bladgroen, zij het minder dan bij een niet-parasiet, bezitten.

Ten slotte zijn er nog parasieten, die alle bladgroen ontberen en dus geheel ten koste van de voedsterplant leven. In de tropen zijn het de planten met de reusachtige bloemen: de Balanophoraceeën en Rafflesiaceeën, die men in de wouden aantreft, in de gematigde streken de Orobanches en de warkruiden (Cuscuta).

Daar deze planten in de tropen van weinig economisch belang zijn, komen wij er later niet meer speciaal op terug.

Het leven van parasitische insecten en mijten.

Insecten zijn onder de dierlijke plantenbeschadigers de voornaamste, terwijl ook de nauw met hen verwante mijten tot de meest bekende parasieten behooren. Aan de beschouwing van het leven der insecten gaat ook weer een kleine beschouwing over hun bouw vooraf.

Volwassen insecten zijn dieren, die zes pooten hebben in tegenstelling met de achtpootige mijten, die later besproken zullen worden. Het lichaam is uit ringen opgebouwd, geleed. De meeste insecten zijn gevleugeld. Die vleugels zijn van zeer verschillende substantie; het is naar den aard van de vleugels, dat men de insecten verdeelt; bijvoorbeeld de vlinders hebben vier vleugels, die met schubben van allerlei kleur bedekt zijn, de kevers hebben twee harde voorvleugels, die tot schilden zijn geworden, terwijl de achtervleugels vliezig zijn, de vliegen hebben slechts twee vleugels enz. enz. Karakteristiek voor vele groepen zijn ook de monddeelen. Deze komen in verband met de levenswijze in tweeërlei hoofdvormen voor, namelijk als kauwende en zuigende monddeelen.

Bij de kauwers vindt men een paar bovenkaken en een paar onderkaken, beide uit twee bewegelijke helften bestaande. Daaronder de onderlip, waarvan de twee deelen vergroeid zijn. Met deze scherpe met tanden en uitsteeksels voorziene kauworganen kunnen zij harde plantendeelen, ja zelfs hout doorknagen. Bij de zuigers (de luizen bijvoorbeeld) vindt men, dat de onderlipdeelen tot een buis zijn vergroeid, waarin



Fig. 90.
Bijtende monddeelen van een kever.
b bovenkaken; *f* onderkaken met tasters; *c* onderlip met taster.

de boven- en onderkaak heen en weer kunnen schuiven. Met de laatste steken zij de planten aan en zuigen de sappen door de buisvormige onderlip naar boven. Op deze inrichting komen bij de verschillende groepen van zuigende insecten verschillende variaties voor.

De insecten halen adem door zoogenaamde tracheeën, openingen zijdelings in het lichaam, die zij dikwijls langen tijd kunnen afsluiten, wanneer zij in ongunstige condities komen.

Het meest belangrijke voor ons doel is de ontwikkelingsgeschiedenis. Vele insecten maken een gedaanteverwisseling door. De vliegende, levendige, volwassen insecten zijn geen dieren, die veel voedsel behoeven. Zij zorgen voor de voortplanting en leggen hun eieren, waar het hun past.

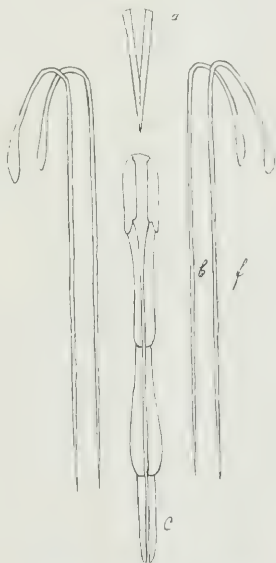


Fig. 91.
Zuigende monddeelen van een wants. *a* bovenlip; *b* bovenkaken; *f* onderkaken; *c* onderlip tot zuiger vervormd.

Om zich van het ei tot dat hoog georganiseerde wezen te ontwikkelen zijn verbazende ontwikkelingsprocessen noodig, die een groote voedselopname eischen.

Vele insecten verlaten het ei dan ook in een toestand, waarin zij nog niet de hooge ontwikkeling bereikt hebben, doch waarin zij uitermate geschikt zijn groote massa's voedsel op te nemen. Dezen toestand, waarin de dieren nog geen vleugels hebben en waarin de geslachtsorganen ontbreken, noemt men den larvetoestand. De larven zijn op vreten ingericht. Kauwende monddeelen zijn zeer algemeen. De huid, die niet meer kan groeien, wordt herhaalde malen afgeworpen. De dieren eten meer dan zij verbruiken. Om in den volwassen toestand te komen, maken een gedeelte der insecten hun verdere ontwikkeling door in een toestand van „schijndood", den poptoestand. In dezen onbewegelijken toestand teren zij op het reservevoedsel, dat door de larven in het lichaam werd vastgelegd en ondergaan groote veranderingen om tot den vliegenden, geslachtsrijpen vorm te geraken. Het popstadium kan korter of langer duren. Soms zijn de poppen in spinsels verborgen,

de cocons, soms zijn zij tonvormig en dragen een dekseltje, dat afgeworpen wordt, als het insect er uit komt.

Niet alle insecten ondergaan zulk een volkomen gedaanteverwisseling. Vele gaan tot den volwassen toestand over zonder popstadium; zij worden geleidelijk meer volkomen bij elke vervelling. De jonge dieren verschillen in dit geval dus ook niet zoo zeer van de volwassenen in levenswijze.

Insecten leven op allerlei wijzen. Sommige teren op levende planten, anderen slechts op doode, half vergane deelen daarvan; enkele groepen leven van dierlijk voedsel van allerlei aard, van andere insecten of ten koste van hoogere dieren, zooals van vogels en zoogdieren. Ons interesseeren hier verder alleen de plantenbeschadigers.

De wijzen, waarop zij de planten aantasten, zijn zeer verschillend en evenals deze voor de plantaardige ziekteveroorzakers besproken zijn, willen wij een vluchtigen greep doen uit de talrijke manieren, waarop parasitische insecten hun leven inrichten.

Bij sommige insecten zijn het de larven, bij anderen de volwassen dieren, die het meeste directe kwaad aan de planten veroorzaken. Hoofdzakelijk zijn het echter de larven, die zich immers zoo snel en intensief mogelijk moeten voeden, om tot het volwassen, zich voortplantende insect te kunnen overgaan.

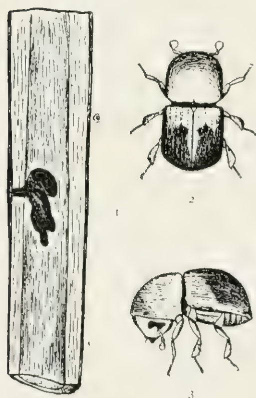


Fig. 92.
Boeboek (Xyleborus coffeae).
1. Gang in een koffietak; 2. Kever van boven; 3. Kever op zijde gezien.

Wij vinden onder de insecten talrijke larven met harde koppen en bijtende monddeelen, die er op ingericht zijn om aan harde, houtige plantendeelen te knagen. Het zijn de larven van kevers en vlinders, die tot deze groep van zoogenaamde boorders behooren. De larven graven gangen in stammen en takken en zijn daartoe voorzien van een verbreeden kop, die haar bij het boren goede diensten bewijst. Insecten van nog geen c.M. lengte kunnen Meterlange gangen boren, die sterke storingen in den sapstroom van het hout en daardoor den dood van de boomen veroorzaken. Andere boren slechts kleine kamertjes, waardoor minder gevaar voor de plant bestaat. Boorders met zachte koppen

boren in het algemeen niet de levende plantendeelen aan, doch hebben een opening of dooden stomp noodig om te beginnen. De boorders, die alleen de schors van een boom bewerken en daarin karakteristieke gangen graven, hebben evenmin den sterk ontwikkelden boorkop van de larven, die tot in het kernhout doordringen. Voorbeelden van borende vlinder- en keverlarven zijn in Oost-Indië overbekend. De talrijke cacao- en koffieboorders, de rietboorders doen veel van zich spreken. Op de meest uiteenloopende wijzen tasten de verschillende soorten de boomen aan, zoodat men meestal aan de gangen kan zien met welken boorder men te doen heeft.

Anders georganiseerd zijn de insecten, die groene plantendeelen eten. Ook hier vindt men bijtende monddeelen; de verbazende koppen en kaken van de boorders vindt men er echter niet onder. Rupsen, bastaardruspen, kevers en hunne larven en vliegenlarven behooren tot deze groep. Bij sommige vindt men, dat zij bladeren en stengels eenvoudig opeten, terwijl andere dit op een zeer bepaalde manier doen, hetzij alleen den bladrand wegvreten, wat bij de bladrandkevers het geval is, hetzij openingen van bepaalden vorm in de bladeren knagen, of de nerven laten staan en slechts het zachte weefsel weg vreten (traliën). Er zijn ook larven van vlinders en vliegen, die de bladeren „mineeren”. Zij eten het bladmoes uit de bladeren weg, zoodat alleen de opperhuid aan beide kanten blijft zitten. Dikwijls knagen zij begrensde gangetjes in het bladmoes, die men dan bladmijnen noemt. Aan het eind van zulk een mijn vindt men dan meestal het verpopte insect. Onder de kevers en de vlinderlarven vindt men talrijke speciale bloemeneters, (ik herinner hier aan de rupsjes, die de robusta-koffiebloemen vernietigen) die al bijzonder schadelijk zijn. Andere vlinderlarfjes hebben het speciaal op vruchten gemunt en eten daarin hunne gangen. In de gematigde streken is de rups van de wormstekige vruchten een van de meest gevaarlijke vruchteneters, terwijl in onzen Archipel zeker wel de cacaomot het meest op haar geweten heeft; in andere tropische en subtropische landen de fruitvlieg.

Onder de insecten, die aan levende plantendeelen knagen, zijn er, die hoofdzakelijk schadelijk voor wortels zijn. Zoo vernielen talrijke keverlarven de wortels van jonge planten. Echter zijn er vele onder, die men beschuldigt plantendeelen te eten, maar die toch bij nadere beschouwing alleen door het omwoelen van den grond en het bloot

leggen van fijne wordels schade blijken te doen, daar zij zich alleen met rottende plantendeelen voeden.

Op een andere manier dan de knagers, zijn de zuigende insecten schadelijk voor onze gewassen. In plaats van de plantendeelen af- of uit te vreten, zuigen zij ze uit. Ze zijn daartoe voorzien van zuigende monddeelen, meestal tot een zuiger verlengde kaken, die zij in de planten vastboren. Zij zijn aangewezen op vloeibaar voedsel en onttrekken aan de plant haar sappen. Op deze wijze ontstaan er uitgedroogde plekken; bovendien wordt de circulatie van sappen gestoord. De meest bekende onder de zuigers zijn de luizen en wel de blad- en schildluizen, die soms bij duizenden bladen, takken en wortels bezetten. Vooral op jonge, weeke deelen hebben zij het gemunt. Ook de verwante wantsen, waartoe de Helopeltissoorten behooren, kunnen door het aanzuigen van plantendeelen aanzienlijke schade veroorzaken.

Evenals er bij de schimmels een groot aantal soorten zijn, die plantendeelen tot rotting brengen en ten slotte totaal vernielen, terwijl andere slechts een prikkel uitoefenen, waarop de plant reageert met het vormen van abnormaal weefsel, is dit het geval bij de insecten. Ja, de groep van hen die zulke plantenhypertrophiën (in het algemeen „gallen" genoemd) veroorzaken, is veel grooter dan bij de schimmels.

Onder de insecten vinden wij een groot aantal galvormers. Hoewel de gallen tot nog toe niet van groote economische beteekenis zijn gebleken in de tropen, zijn deze vormingen interessant genoeg om er even bij stil te staan. De duizenden galvormers, die er bestaan, vormen alle zeer uiteenloopende gallen; aan elke gal kan men de insectensoort bepalen, die er in huist. Nu ontstaan er door het zuigen van luizen dikwijls gallen; zelfs kunnen er vrij gecompliceerde galvormingen worden aangetroffen, te wijten aan een prikkelend secreet van haar spreekselklieren. Veel fraaier samengestelde gallen ontstaan echter onder invloed van galwespen en bladwespen. Deze insecten zijn voorzien van een legboor, welke zij in jonge groeiende plantendeelen boren en waardoor zij haar eieren binnen in de plant brengen.

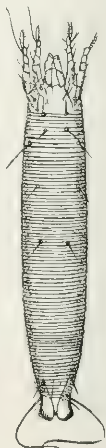


Fig. 93.
Galmijt van kaneelbladeren (sterk vergroot).

Van de daaruit komende larve schijnt een sterke prikkel uit te gaan, die het omliggende weefsel tot sterken

groei dwingt. Er ontstaan dan meestal sponsachtige volumineuze weefsel, waarin kamertjes voor de larven aanwezig zijn.

De gallen trekken een massa voedingsstoffen tot zich, die door de insecten worden verbruikt. In de kamers verpoppen de larven en het volwassen insect boort zich een gat naar buiten. Er werd reeds gezegd, dat de blad- en stengelgallen niet buitengewoon schadelijk zijn

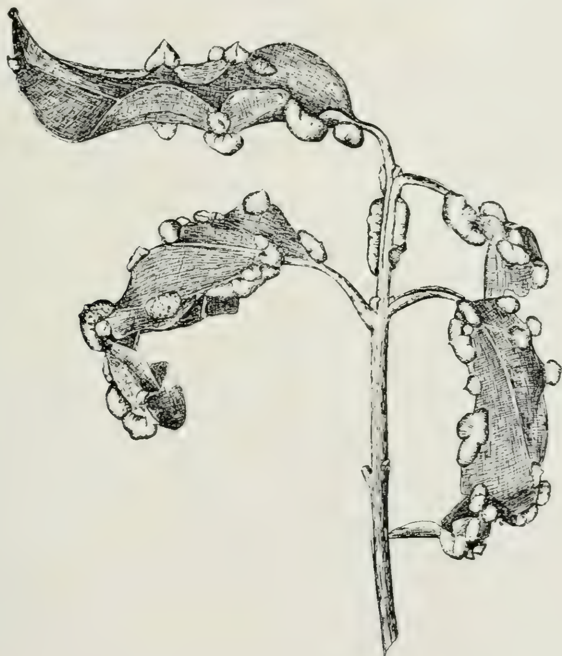


Fig. 94. Galvorming aan de bladeren van kaneel.

voor de plant. Anders is het echter met de wortelgallen, die door zuigende insecten aan de wortels ontstaan en waarvan de door de druifluis veroorzaakte soort een van de meest sprekende voorbeelden is.

Ook onder de larven van vliegen en muggen vinden wij galvormers, die dikwijls vrij wat schade veroorzaken.

Ten slotte moeten ook nog de mijten met een enkel woord vermeld worden, kleine spinachtige dieren, die een rond of lang gerekt lichaam met acht pooten hebben. De mijten maken geen gedaante-verwisseling door. Zij zuigen de plantendeelen aan; een sterke uitdroging van de aangetaste planten is hiervan meestal het gevolg. Ook zijn zij dikwijls oorzaak van galvormingen of van sterke haarvormingen op de bladeren.

Het leven van parasitische aaltjes.

Aaltjes zijn zeer kleine diertjes, die tot de wormen behooren, ongeveer 1 m.M. lang zijn en met het bloote oog nauwelijks waargenomen kunnen worden.

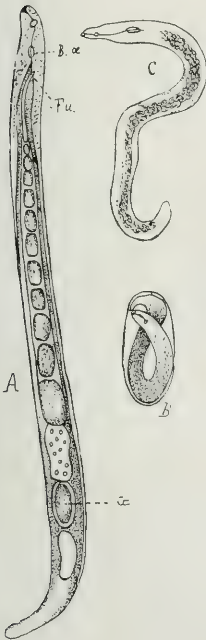


Fig. 95.
Koffieaaltje (Tylenchus coffeae).
A volwassen vrouwelijk dier. *ba* slokdarm; *fu* opening der vrouwel. geslachtsorganen; *oe* ei.
B ei met larve.
C larve.

Onder het miskroskoop blijken zij zeer eenvoudig gebouwd te zijn. Aan het vooreinde bevindt zich bij een groot gedeelte der parasitische aaltjes een stekel, waarmee zij de plantenorganen aanboren. Deze stekel kan ingetrokken worden. De ingezogen sappen komen in een zwak aangezwollen slokdarm, achter welke de grootere kauwmaag gelegen is. Het grootste gedeelte van het lichaam wordt ingenomen door de geslachtsorganen. Op de afbeelding ziet men de talrijke eieren in het lichaam van het wijfje; bij de jonge dieren, de larven, zijn de geslachtsorganen nog niet ontwikkeld, (afbeelding *C*). In het volwassen dier kan men de larve zeer gemakkelijk door de dunne eihuid heen zien. Het voortplantingsvermogen is bij deze dieren zeer sterk ontwikkeld.

De aaltjes zelve zijn zeer slecht bestand tegen uitdroging; de teere diertjes hebben een vochtige omgeving noodig. Anders daarentegen de eieren en larven. De eieren kunnen, na eenige jaren in een drogen toestand te hebben doorgebracht, bij intredende vochtigheid normale aaltjes ontwikkelen. Evenzoo rollen zich de larven bij droogte op, om bij gunstiger omstandigheden weer op te leven. Vandaar het groote gevaar voor de cultuur, wanneer er eenmaal aaltjes in een

bodem aanwezig zijn. Als men gedurende een paar jaren andere gewassen teelt, die er niet vatbaar voor zijn, dan treden bij hernieuwde cultuur van vatbare gewassen de aaltjes direct weer op. De talrijke eieren en larven zijn immers in leven gebleven!

De aaltjes zuigen de wortels, den wortelhals of de onderste stengeldeelen aan. Zij dooden en verwoesten het weefsel, dat tot een brijachtige, dikwijls stinkende massa wordt. Bij sommige ziekten kruipen zij tot hoog in de stengels naar boven. Van de aaltjes gaat een zekere prikkel uit op de organen van de voedsterplant. Talrijk zijn de aaltjesziekten, waarbij hypertrophiën ontstaan. Zoowel aan de wortel als aan de stengeldeelen kunnen zich opzwellingen ontwikkelen, in welke men dan de aaltjes bij groote troepen aanwezig vindt.

De invloed van de voedsterplant op de parasiet.

Een parasitische schimmel is in de keuze van haar voedsterplant min of meer beperkt Sommige soorten van schimmels zijn beperkt tot een enkele plantensoort, andere kunnen een aantal soorten van een geslacht aantasten en sommige vindt men op tal van vertegenwoordigers van één familie. Andere komen op de meest uiteenloopende voedsterplanten voor.

Men heeft langen tijd gedacht, dat alle schimmels, die volkomen gelijk gebouwd zijn, en die op verschillende voedsterplanten voorkomen, zeer gemakkelijk van de eene voedsterplant op de andere overgaan. Men kan b.v. zeer gemakkelijk de schimmel van den cacaokanker (Phytophthora Faberi) overbrengen op den bast van Hevea, waar zij eveneens kanker veroorzaakt. De schimmel van de „djamoeroepas" komt op zeer uiteenloopende voedsterplanten voor, op cacao, koffie, hevea, thee, anona enz. enz. Nu is het de vraag: gaat de schimmel van thee over op koffie of op hevea, en omgekeerd; en het is niet alleen bij deze, maar veel vroeger reeds voor een groot aantal schimmels gebleken, dat dit niet altijd het geval is. Een „djamoer oepas" schimmel van hevea is dus wat anders dan een „djamoer oepas schimmel" van cacao, met andere woorden de schimmel vormt *biologische rassen*, al naar de voedsterplant. Die rassen verschillen anatomisch niet van elkaar, maar wel kan men ze dikwijls in kunstmatige cultuur onderscheiden, waarbij de rassen verschillen toonen, wat groei of kleur aangaat.

Men ziet wel dikwijls bij zulke biologische rassen dat zij „zich gewennen" aan een anderen gastheer; bij een eerste overbrenging van de schimmel treedt er dan een geringe infectie op, maar brengt men haar telkens weer op dezelfde voedsterplant over, dan wordt op

het laatst de infectie even sterk als bij de voedsterplant, waarvan men uitgegaan is.

Iets gecompliceerder is de kwestie bij de graanroesten. De roestzwam van granen, Puccinia graminis, laat zich direct overbrengen van tarwe op gerst of van tarwe op rogge, echter niet van tarwe op haver. Nu is er toch een mogelijkheid om de tarweroest van de tarwe op haver te laten infecteeren, maar daarvoor moet de zwam eerst eenigen tijd op gerst geleefd hebben. Het roestras van tarwe moet dus eerst op gerst veranderingen ondergaan, waardoor het geschikt wordt om haver te infecteeren. Bij deze overbrengingen heeft men wel eenige anatomische veranderingen gezien. Beschouwt men naast elkaar een ras van tarwe en van gerst, dan blijken de gersteroestsporen aanmerkelijk grooter te zijn. Brengt men nu het tarweras op gerst over, dan ziet men dat daarop, althans wanneer het tarweras gedurende eenige generaties op gerst is gekweekt, grootere sporen ontstaan, die dus meer aan het oorspronkelijke gersteras nabij komen.

Ook onder de dierlijke parasieten zijn onder bepaalde groepen biologische rassen van een soort waargenomen. Bij de aaltjes vindt men er talrijke voorbeelden van. Op rogge, klaver en haver komen dezelfde aaltjes voor. Zaait men echter op een veld, waar haver gestaan heeft, klaver, of nog sterker, zaait men de klaver onder de haver door, dan kunnen de haverplanten sterk door den Tylenchus devastatrix beschadigd worden, terwijl de klaver vrij blijft of slechts zeer zwak aangetast wordt. Ook bij deze dieren heeft men weer waargenomen, dat zij zich aan een andere voedsterplant kunnen wennen; langzamerhand kunnen zij van het eene gewas op het andere overgaan.

Bij luizen en wantsen geeft men eveneens dergelijke vragen bestudeerd, doch in het algemeen is men er daar nog minder diep op ingegaan.

Deze kwesties hebben natuurlijk min of meer practisch belang. Het geldt hier de vraag of men in de nabijheid van een ziek gewas, planten kan telen, die onder dezelfde parasiet lijden. Wanneer er sterk gespecialiseerde rassen van een parasiet voorkomen, is het gevaar, althans in den aanvang, niet zeer groot. Men vergete nooit, dat parasieten, zoowel van dierlijken als van plantaardigen oorsprong aan een nieuwen gastheer kunnen wennen.

Op welke eigenschappen van de plant berust nu het feit, dat

een parasiet niet van de eene plant op de andere kan overgaan? Bij de roesten ziet men, dat de sporen van tarweroest op haver overgebracht, daar wel kiemen en een zeer kleinen kiemdraad naar binnen zenden, doch dat deze dan bruin wordt en afsterft. Het is alsof de haver een giftig substraat is voor de tarweroest. Omgekeerd weet men, dat de sappen van een passenden hospes aantrekkingskracht op een schimmel uitoefenen, dat er dus een chemische prikkel van de voedsterplant op de parasiet uitgaat.

Hiermede zijn wij overgegaan op het onvatbaar zijn van bepaalde plantenvariëteiten voor een ziekte, de zoogenaamde immuniteits kwestie. Alvorens hiertoe over te gaan, willen wij echter eerst de uitwendige omstandigheden behandelen, die een plant vatbaar voor ziekte kunnen maken.

Uitwendige omstandigheden, die het optreden van ziekten bevorderen.

In een rationeele cultuurwijze moet het begin van alle plantenhygiëne gezocht worden. De planten moeten het goed hebben, dan is er minder kans, dat zij ziek worden en zoo zij al ziek worden, zullen zij het kwaad beter doorstaan. De vatbaarheid van de cultuurgewassen voor ziekten wordt sterk beïnvloed door uitwendige omstandigheden, die een planter ten deele wel, ten deele niet in de hand heeft. Het terrein en de geaardheid van den bodem moeten voor de gewenschte cultuur geschikt zijn. Bovendien kan men door bemesting en bewerking het noodige tot een krachtigen, gezonden groei van de gewassen bijdragen.

Het vraagstuk van de bemesting is eerst voor de meeste cultures in de laatste jaren actueel geworden. Op Java speciaal zijn de meeste bruikbare gronden in cultuur gekomen. Men kan dus niet meer, wanneer een terrein uitgeput of door parasieten besmet is, daarvoor een nieuwen maagdelijken grond in gebruik nemen. Er moet tot bemesting worden overgegaan en het bemestings-vraagstuk moet in verband met de plantenziekten bestudeerd worden.

Men meende in Europa, door onderzoekingen van een vijftiental jaren geleden, een zeer direct verband tusschen bemesting en vatbaarheid voor ziekte te hebben aangetoond.

Aardappelen van een bepaalde variëteit, die in het eene geval met superphosphaat en het andere met ammoniumsulfaat werden gemest bleken onvatbaar, na infectie met een bacteriesoort, terwijl dezelfde variëteit, wanneer zij (op denzelfden bodem) met kaïniet of kalk werd gemest, wel voor infectie vatbaar bleek. De onderzoeker stelde zich voor, dat de sterk alcalisch reageerende meststoffen als kaïniet en kalk den groei van de bacteriën in de hand werkten, terwijl de zure meststoffen nadeelig op den groei der bacteriën inwerkten. Men meende toen een eind op weg te zijn en heeft bij zeer verschillende cultuur-

planten nagegaan of bepaalde meststoffen de vatbaarheid verhoogden of verminderden. Er zijn daarbij echter geen belangrijke resultaten aan het licht gekomen, zoodat een direct verband meestal niet is aangetoond.

Wel weet men, dat een eenzijdige stikstofbemesting, waardoor de planten slap van bouw worden, ziekten in de hand werkt en dat bij het ontbreken van een bepaalde voedingsstof, waardoor de groei abnormaal wordt, parasieten de planten gemakkelijker aantasten en omgekeerd weet men, dat bij een passende bemesting de planten minder kans hebben ziek te worden.

Een bemesting uitsluitend met kunstmest gedurende jaren lang voortgezet op humusarme gronden bevordert het optreden van ziekten. Een bekend voorbeeld hiervan is de schurft van de aardappelknollen, die door het toedienen van enkel kunstmest zeer toeneemt. In de streken, waar stalmest ontbreekt, komen dan ook de groenbemestingen meer en meer op den voorgrond.

De waterverzorging van het land kan een grooten invloed hebben, daar waar het wortelziekten geldt. Wortelschimmels tieren zeer welig op slecht gedraineerd land; zij breiden zich in een vochtigen bodem zeer sterk uit.

Niet alleen in een vochtigen bodem, maar ook in dichte boomkronen, waar de waterdamp tusschen het dikke gebladerte blijft hangen, tieren schimmels welig. Door een rationeelen snoei kan men het zonnelicht en den wind toegang verschaffen; zij zijn beide door hun uitdrogende kracht vijanden van het schimmelleven. Anders gedragen zich de schimmels, die in de takken en stammen der boomen groeien. Het is gebleken, dat deze zich alleen dàn kunnen ontwikkelen, wanneer er voldoende lucht in het hout aanwezig is. Als het hout sterk waterhoudend is dringen de schimmeldraden ter nauwernood verder.

In de tropen komt nog de kwestie van de beschaduwing in aanmerking. Wanneer de grond slecht beschaduwd is en de planten teekenen van uitdroging vertoonen, door het optreden van dorre eindtakjes, bestaat daar kans op groote insectenplagen. Luizen en schildluizen hebben een voorkeur voor uitgedroogde takpunten. Ook boren sommige insecten eerder een tak in slechte conditie aan, dan een, die nog sterk groeit. De inwendige boomschimmels zullen dus ook op slecht beschaduwden grond weliger tieren.

De beschaduwing regelt bovendien eenigszins de vruchtzetting.

Het gedurende langeren of korteren tijd vruchtdragen van een cultuurplant kan aanleiding geven tot een verschillende mate van infectie (Zie pag. 397 en 398).

Vele schimmels dringen alleen door wonden of door doode gedeelten naar binnen. Daarom zijn zonnebarsten, groeispleten, insecten- en windbeschadigingen de poorten, waardoor een heirleger van parasieten naar binnen kan trekken. Het is bekend, dat takken van cacao, die door zonnebrand hebben geleden, of die beschadigd zijn door den wind, veel sterker van Helopeltis te lijden hebben dan normale. Men kan door goede cultuurvoorwaarden deze beschadigingen zooveel mogelijk beperken. In de culturen, waar men van stekken gebruik moet maken, zooals bij suikerriet, zijn de sneevlakten de gevaarlijke punten, waar door schimmels gemakkelijk naar binnen groeien. De schimmels van de ananasziekte en het rood snot zijn er bekende voorbeelden van. Ook doode takken zijn dikwijls de deur, waar door zwammen, die levende schors niet kunnen doorboren, in het hout van een boom binnendringen en daar langzaam maar zeker den stam tot ondergang brengen.

Dit alles zijn omstandigheden, die de planters min of meer in de hand hebben. Tegenover de factoren, die men als „klimaat" pleegt samen te vatten, vermag men niet veel. Ongunstige weersgesteldheden komen herhaaldelijk voor en hebben een grooten invloed op het optreden van epidemiën. Terwijl in zeer vochtige tijden juist de schimmels welig tieren, treden in abnormaal droge tijden de insectenplagen meer op den voorgrond. Bladluizenplagen kunnen in zeer droge tijden tot rampen worden.

Van groot belang is het, dat men variëteiten kweekt, die voor de gegeven verhoudingen van bodem en klimaat passend zijn. Het is dikwijls beter locale variëteiten te kweeken, dan zich door uitheemsche nieuwigheden te laten verleiden, die eischen stellen, aan welke men niet kan voldoen. Soms ontstaan uit de nieuw ingevoerde wel langzamerhand locale variëteiten; dikwijls echter zijn zij te zeer op andere omstandigheden ingericht en geven zij in het land, waarheen men ze overbrengt, niet de gewenschte eigenschappen van het product.

Dat men echter in vele gevallen gedwongen is uitheemsche variëteiten te gaan kweeken, wanneer de locaal voorkomende door en door verziekt zijn, zal in het volgende hoofdstuk uitvoeriger toegelicht worden.

Immuniteit en hare beteekenis in den strijd tegen plantenziekten.

Wanneer men in een aanplant van een door ziekte geteisterd gewas goed rondziet, gebeurt het dikwijls, dat men tusschen de zieke planten hier of daar een exemplaar aantreft, dat niet van de ziekte te lijden heeft.

Het gebeurt nu niet alleen, dat enkele exemplaren op een veld vrij blijven, doch een bepaalde variëteit van een plantensoort kan onvatbaar voor een ziekte zijn. Zulk een exemplaar of zulk een variëteit noemt men *immuun* tegen een bepaalde ziekte, een uitdrukking die aan de ziekteleer van den mensch is ontleend. Zoo ziet men in een aardappelveld, dat sterk van de aardappelziekte lijdt, soms een exemplaar dat frisch, gezond loof heeft, terwijl er rondom slechts planten met geheel verrotte bladen staan.

Vraagt men zich nu af, waarom een exemplaar of een variëteit immuun is tegen een bepaalde ziekte, dan moet men het antwoord meestal schuldig blijven.

In enkele gevallen is een verklaring gemakkelijk te vinden. Zoo komt in Europa een vlieg voor, die hare eieren in de bloesems der erwten legt, welke dan door de uitkomende larven vernield worden. Nu bestaan er enkele erwtenvariëteiten, die zeer vroeg en zeer korten tijd bloeien, en die reeds uitgebloeid zijn, voordat de vliegen verschijnen. Het is begrijpelijk, dat deze variëteit niet van de aanvallen der vliegen te lijden zal hebben. Zijn echter de erwtenplantjes door bepaalde omstandigheden laat in bloei gekomen, dan kunnen zij toch nog wel door de vliegen aangestoken worden.

Het is bekend, dat de hybriden van Java- en Liberia koffie veel beter bestand zijn tegen de koffiebladziekte (Hemileia vastatrix) dan de Java- of de Liberia koffie zelve. Men weet ook, dat de hybriden veel krachtiger groeiers zijn dan de vader- of moederplant en men stelt zich voor, dat de plant door dien sterken groei den aanval van de

parasiet overwint. In het algemeen ziet men dan ook, dat sterke groeiers beter bestand zijn tegen aanvallen van allerlei parasieten, dan langzame groeiers. Maar ook hier moet men bekennen, dat er sterksprekende gevallen van het tegenovergestelde voorkomen. Zoo weet men, dat krachtig groeiende rozen zeer vatbaar zijn voor den echten meeldauw.

De verklaringen van de immuniteit zijn niet zoo eenvoudig. Wij weten er eigenlijk tot nog toe niets van en zoolang men niet weet op welke eigenschappen de onvatbaarheid van een plantensoort tegenover een bepaalde ziekte berust, is het kweeken van immune variëteiten nog een tasten in den blinde.

Men kan zich voorstellen, dat de immuniteit op een bepaalde anatomische structuur zou berusten. Het ligt voor de hand te denken, dat planten, die een zeer stevige opperhuid hebben of een schors, die weinig aan barsten onderhevig is, minder gemakkelijk door parasieten worden doorboord. Evenzoo zouden deze door bepaalde stoffen, b.v. kiezelzuur of een bijzonder dikke kurklaag in de opperhuid tegengehouden kunnen worden Eindelijk zou de chemische samenstelling van het celvocht, dat in meerdere of mindere mate zuur kan reageeren, oorzaak kunnen zijn, dat een bepaalde parasiet er niet op zou kunnen groeien. Het is bij menschen en dieren bekend, dat er stoffen in het bloed voorkomen, die de door bacteriën afgescheiden giftstoffen neutraliseeren. Zoo zouden ook de plantensappen de giftige werking van afscheidingsproducten van schimmels of bacteriën kunnen opheffen.

Met zekerheid weet men van de waarde van dergelijke eigenschappen niets, het zijn alles veronderstellingen.

De voorbeelden van absolute immuniteit van variëteiten tegen een bepaalde ziekte, zijn slechts enkele. Het meest sprekende voorbeeld zijn zeker wel die rietvariëteiten, die onvatbaar zijn voor serehziekte, en waarover bij de verhandeling over de suiker een en ander medegedeeld wordt. Waarop die onvatbaarheid berust, weet men weer niet.

Meestal ziet men, dat een nieuwe variëteit die als „immuun" gelanceerd wordt, na eenige jaren sterk door de parasiet aangetast wordt. De parasieten passen zich aan de nieuwe variëteiten aan. Zoo is de Liberia-koffie hoe langer hoe meer van de Hemileia gaan lijden, terwijl zij in het begin van de aanplanting op Java, veel resistenter was dan de Java-koffie. In Nederland weet men, dat nieuwe aardappelvariëteiten, die weinig van de aardappelziekte te lijden hebben, na

eenige jaren al even sterk worden aangetast, als soorten, die men om die reden weinig meer poot.

Het is ook bekend, dat een variëteit in de eene streek bestand is tegen een ziekte, terwijl zij, overgebracht in andere omstandigheden, blijkt niet immuun te zijn. Zoo heeft men in Europa reeds herhaalde malen gemeend tarwevariëteiten te hebben, die onvatbaar zouden zijn voor roest, doch ook deze hebben, zoodra zij naar andere streken werden gebracht, de proef niet doorstaan.

Evenals de voedsterplanten echter, wanneer zij overgebracht zijn in andere condities, zich anders gedragen ten opzichte van de parasieten, zoo gedragen zich ook de parasieten, in andere condities overgebracht, verschillend.

Door onze steeds toenemende verkeersmiddelen en door uitwisseling van planten tusschen alle mogelijke streken der wereld, worden ongewenscht een massa parasieten van het eene werelddeel naar het andere gebracht.

In de streek, waar een ziekte inheemsch is, hebben de planten een zekere resistentie tegen de parasieten; in den strijd tusschen de voedsterplant en de parasiet hebben beide eigenschappen ontwikkeld, waardoor zij in evenwicht blijven. Wordt echter een parasiet naar een gebied gevoerd, waar zij tot nog toe niet inheemsch was, en waar andere variëteiten van voedsterplanten voorkomen, die geen natuurlijke resistentie bezitten, dan volgt zeer dikwijls een angstwekkende uitbreiding van de nieuwe ziekte, die soms in haar vaderland nauwelijks van beteekenis was.

De Amerikaansche plantenziekten staan in dat opzicht in een zeer kwaad blaadje in Europa.

De meeldauw en druifluis, de gevaarlijkste parasieten van den wijnstok, die in Amerika weinig schade doen, zijn de ergste vijanden van den wijnbouw in Europa geworden en hebben gedreigd de geheele wijncultuur te gronde te richten. Beide zijn in het midden der vorige eeuw overgebracht en hebben zich snel verbreid. De druifluis dreigde in de wijndistricten van Zuid-Frankrijk den wijnbouw onmogelijk te maken, toen men vond, dat door de Fransche veredelingen op een Amerikaanschen wilden onderstaan te enten, het gevaar was te keeren De Amerikaansche stammen zijn namelijk zeer resistent tegen dit insect.

De Amerikaansche kruisbessenmeeldauw, die de schrik voor de

Europeesche kruisbessentelers is geworden, doet in haar vaderland weinig kwaad. Ook de Europeesche variëteiten van de kruisbessen, die naar Amerika zijn overgebracht, hebben daar hevig van de parasiet te lijden.

Daartegenover staat echter weer, dat de zwam van het bitterrot van de appels, die in Amerika groote appeloogsten kan vernietigen, al dikwijls in Europa is ingevoerd en zich niet heeft weten in te burgeren.

Hoe komt men nu aan immune variëteiten?

Immune planten treden soms plotseling in een bepaalde cultuurplant op. Wanneer deze constant blijven bij voortteling, zou men ze mutaties kunnen noemen. In Amerika meent men hier een voorbeeld van gevonden te hebben, namelijk bij de katoen. De zoogenaamde Upland katoen is zeer gevoelig voor een schimmelziekte, de „wilt" disease, veroorzaakt door een Neocosmosporasoort. In deze Upland katoen traden spontaan twee afwijkende vormen op, Dillon en Dixie, welke vrij blijven van de ziekte. Zelfs wanneer zij op sterk geïnfecteerd land worden geplant, blijven zij volkomen gezond.

Toevallig gevonden immune variëteiten kan men door selectie op een bepaalde hoogte houden; nog beter kan men door stamboomteelt van een enkel immuun exemplaar een immune variëteit verkrijgen. Om zeker te blijven, dat men met werkelijk immune planten werkt, moet er steeds gezorgd worden, dat ter contrôle infectie kan plaats grijpen.

Niet altijd hebben deze resistente variëteiten echter andere gewenschte eigenschappen. Men kruist dan zeer resistente variëteiten met planten, die een zeer hooge opbrengst geven of andere gewenschte eigenschappen bezitten. Zoo heeft men het serehvrije Chunneeriet en het serehvrije Fidjieriet met het Cheribonriet gekruist, dat hoogere suikeropbrengsten dan de twee eerste geeft.

Nu de kruisingen van planten na de herleving van de belangstelling in Mendel's wetten met zooveel succes bestudeerd worden, is het te verwachten, dat men ook die immuniteits eigenschappen beter zal kunnen ontleden en begrijpen. Er zijn proeven genomen, die er op wijzen dat „immuniteit" in een bepaald geval overerft als een eenheid volgens Mendel, dus op dezelfde wijze als de kleur eener bloem of de vorm eener vrucht.

Bij kruising van een resistente met een niet resistente variëteit, verkreeg men in de tweede generatie ongeveer één vierde resistente

en drie vierde niet resistente planten, waaruit de onderzoeker afleidde, dat in dit geval de immuniteit een recessieve eigenschap volgens Mendel was. De proeven zijn echter nog in een veel te klein aantal genomen om er naar te generaliseeren.

Het verkrijgen van variëteiten, die onder verschillende omstandigheden bestand zijn tegen bepaalde ziekten, is een van de meest brandende vraagstukken zoowel voor kweekers als voor phytopathologen, die hierin elkaar in alle mogelijke opzichten behulpzaam kunnen zijn. Zij, die zich met kweeken van nieuwe variëteiten bezig houden moeten resistentie tegenover ziekten niet uit het oog verliezen.

Het opzettelijk kweeken van immune plantenrassen is nog van zeer jongen datum. Daartegenover staat, dat de invoer van variëteiten uit andere landstreken, waarvan men weet, dat een bepaalde ziekte er minder schadelijk optreedt, reeds lang in sommige landen in zwang is. Men heeft opgemerkt, dat waar een plant in het wild voorkomt, ziekten en beschadigingen zelden zijn. Eerst met de bovenmatig sterke voortteling in de cultuur kunnen de parasieten zich ook sterk ontwikkelen. Daarom haalde men dikwijls, vooral, waar het tropische gewassen geldt, (want in onze oude Europeesche cultuur kennen wij veelal de wilde vormen onzer cultuurplanten niet), zaden of stekken uit de oerwouden, in de hoop, dat deze planten beter bestand zouden zijn tegen parasieten. En werkelijk is dit ook dikwijls het geval geweest. De ongecultiveerde streken van Afrika vormen nog zulk een gebied, vanwaar men menig frisch, oorspronkelijk ras heeft gehaald.

In onzen Archipel heeft men het nut van het kweeken of invoeren van nieuwe variëteiten, die beter dan de oude tegen allerlei ziekten bestand zijn, reeds lang ingezien en men heeft er dan ook veel voordeel van gehad.

Zooals reeds is opgemerkt, is wel in geen enkele cultuur, (wat de geheele wereldcultuur betreft) meer bereikt met het kweeken en invoeren van resistente variëteiten dan bij het suikerriet.

Het combineeren van de eigenschappen van ingevoerd riet, dat onvatbaar was voor serehziekte met die van riet, dat een hooge suikerproductie geeft, heeft tot zeer gelukkige resultaten geleid.

Toen de Arabische koffie op Java aan bladziekte en aaltjes te gronde ging, voerde men de veel resistentere Liberia koffie in en nu ook deze zoozeer door bladziekte geteisterd is, legt men zich er op

toe andere soorten aan te planten. In de eerste plaats moeten genoemd worden de hybriden van liberia en arabica, die wel wat minder opbrengst geven, door de vooze bessen, die er meest in voorkomen, maar die toch, daar zij van Hemileia weinig te lijden hebben, steeds een veel hoogere opbrengst verzekeren. De nieuwe Robusta koffie is ook veel beter bestand tegen ziekte. Men moet echter op zijn hoede blijven, daar zooals vroeger besproken is, de parasieten zich hierop ook zullen aanpassen en, voordat men het weet, ook deze variëteit een nekslag kan hebben gekregen.

De cacao, die op Java zoo verbazend van plagen te lijden heeft, verkeert in het zelfde geval als de koffie. Terwijl de Java Criollo in hooge mate van de Helopeltis en de mot te lijden heeft, zijn de Djati-Roenggo-hybriden veel resistenter, en onder de laatste zijn weer de typen met gladde vruchtschil het best tegen Helopeltis bestand.

Sinds de importatie van de Assam-thee zijn de voornaamste plagen in de thee sterk verminderd.

De tijdelijke achteruitgang, die door hevige ziekten in een cultuur ontstaat, komt men weer te boven door den aanplant van gezonde, krachtige plantenrassen, waarbij echter bestrijdingsmogelijkheden van kwalen niet uit het oog verloren mogen worden.

De bestrijding van plantenziekten door het verzamelen en vernietigen van zieke plantendeelen of parasieten of kweekplaatsen daarvan.

Wij hebben gezien, dat er tal van omstandigheden zijn, die het optreden van plantenziekten in de hand werken. Het spreekt van zelf, dat men bij het optreden van ziekten zich allereerst de vraag moet stellen of er fouten in de cultuur gemaakt zijn, die de ziekte bevorderd hebben; of niet met rationeele bemesting, grondbewerking, enz. de planten minder van de parasiet te lijden zouden hebben gehad. Vervolgens zal men zich moeten afvragen of er geen andere variëteiten van de plant bestaan, die niet of weinig vatbaar voor een bepaalde ziekte zijn, of die beter aan de omstandigheden van bodem en klimaat zouden passen.

Eer men echter het antwoord op de vraag van de cultuurvoorwaarden kan vinden of een immune variëteit gekweekt heeft, kunnen er jaren verloopen zijn. Men kan er niet op wachten. Wanneer er een epidemie optreedt dan moet men maatregelen nemen deze te keeren en te zorgen, dat zij zoo mogelijk geen onrustbarende afmetingen gaat aannemen. Men moet trachten de parasiet zooveel mogelijk te vernietigen.

Dit kan gebeuren door uitroeien en vernietigen van zieke planten of plantendeelen, of door te trachten de parasiet te vernietigen op de levende plant, door haar door mechanische of chemische middelen te dooden of te verhinderen zich te ontwikkelen. Het zijn alle maatregelen, die met moeite en kosten gepaard gaan en waar men dikwijls tegenop ziet. Daarstaat echter tegenover, dat wat moeite, tijd en kosten voordeelen kunnen brengen, die dikwijls onderschat worden.

Beginnen wij met het eerste, de mechanische vernietiging van de parasieten.

Afgevallen bladen en takken, die met vruchtlichamen van schadelijke zwammen bezet zijn, of waarop zich insecten in den eenen of anderen ontwikkelingstoestand bevinden, doet men het best te vernietigen. Wanneer een ziekte een beperkte uitbreiding heeft, is dit gemakkelijk toe te passen. Zoo heeft men gevallen van bladziekten kunnen stuiten

door het verzamelen van de afgevallen bladen. Het spreekt van zelf, dat de zieke organen dan vernietigd moeten worden door verbranding.

In Europa vernietigt men geregeld de bladeren met het zwarte rot van den wijnstok op die wijze, terwijl men tegenwoordig bij het bestrijden van den kruisbessenmeeldauw van de zieke planten takje voor takje wegsnijdt en verbrandt. Wanneer men er vroeg bij is, gelukt het op die wijze wel den voortgang van de ziekte tot staan te brengen.

Hetzelfde, n.l. het uitsnijden van een geïnfecteerd gedeelte, geschiedt ook bij kankerziekten van boomen. Kankerplekken op cacaoboomen kan men op deze wijze uitsnijden. Er moet echter aan toegevoegd worden, dat men de zoo ontstane wonden met een desinfecteerend middel moet insmeren, ten eerste om eventueel nog aanwezige resten van de parasiet te dooden, ten tweede om de wond tot nieuwen krachtigen groei te prikkelen. Bij het bestrijken van wonden met teer, of nog meer met carbolineum, wordt de oude schors in de omgeving afgeworpen en zoowel hout als schors ontwikkelen zich krachtig en gezond, zoodat zij veel sneller overgroeid zijn dan wanneer zij aan zichzelf overgelaten worden.

Oude stompen van afgehakte boomen zijn dikwijls broeinesten van allerlei kwaad. Het zijn de plaatsen, waar wortelschimmels in het leven worden gehouden, waar allerlei insecten hare eieren leggen of waarin zij verpoppen. Legt men dan in de buurt nieuwe aanplantingen aan, dan zijn de parasieten spoedig aanwezig en beginnen haar aanval. Het is het eenvoudigst de stompen af te branden.

Waar men bij plantaardige ziekten de aangetaste deelen moet vernietigen, kan men, in geval van dierlijke parasieten, deze zelve wegvangen.

Het verzamelen van schadelijke insecten is een werk, dat in de tropen gemakkelijk door de inlandsche bevolking gedaan kan worden. Niet alleen beschikt men in onze koloniën over veel meer werkkrachten in de ondernemingen, dan in den Europeeschen landbouw, doch de Javaansche bevolking is uiterst vertrouwd met dieren en weet deze zeer gemakkelijk in hun schuilplaatsen te vinden. Zoo zijn in de Vorstenlandsche tabakcultures de „rupsenkinderen" algemeen bekend. Hier zijn het de kinderen, die van de jonge tabak de rupsen wegzoeken (ook in de Europeesche bietencultuur kent men „rupsenkinderen"). In Deli, waar men niet over deze arbeidskrachten beschikt, moet men daarentegen de rupsen met chemische middelen bestrijden. Thee, cacao,

en kinacultuur hebben op Java zeer van Helopeltis, een wants te lijden. In de theetuinen worden deze dieren door de vrouwen verzameld, in de cacao eveneens, doch hier past men bovendien het flamboyeeren van de kolven toe. Door met een flambouw vlug langs de kolven te strijken, verbrandt men de diertjes.

Heeft men met kruidachtige gewassen te doen, dan wordt, zoo de parasiet binnen in leeft, de geheele plant vernietigd. Dit geval treffen wij aan bij de rijstboorders, rupsen die binnen in den rijststengel leven. Leven echter de insecten in boomtakken, (boorders onder de rupsen en keverlarven) dan worden deze deelen afgekapt en zoodoende kan de plaag beperkt worden. Vele van deze boorders leven ook graag in afgekapt hout. Legt men dit op verschillende plaatsen in de ondernemingen, en verbrandt het, alvorens de volwassen dieren uitgekomen zijn, dan wordt ook een groote opruiming onder de parasieten verkregen.

Een zeer typisch voorbeeld van het verwijderen van aangetaste plantendeelen mag het „rampassen" van de cacao genoemd worden.

De cacaomot (een vlinder, Zarathra Cramerella = Gracilaria) veroorzaakt een van de voornaamste cacaoplagen op Java. Het vlindertje legt haar eieren in de cacaovruchten, waarin dan de rupsjes gangen graven; het gevolg hiervan is, dat de zaden mislukken. Om nu te verhinderen, dat het motje haar eieren in de vruchten legt, zorgt men, dat gedurende eenige maanden van het jaar zich geen vruchten aan den boom bevinden. Het verwijderen van alle vruchten op een bepaald tijdstip wordt „rampassen" genoemd. Alle kolven, gezond of aangetast, worden begraven in kuilen met wat kalk. In deze broeiende massa gaan de rupsjes te niet, terwijl de vlindertjes, die nog in de cacaoaanplant aanwezig zijn, haar eieren niet op cacaovruchten kunnen deponeeren. Men mist dan wel een gedeelte van den oogst, doch roeit daarbij een massa parasieten uit en de daarop volgende oogst heeft weinig van de mot te lijden. Het spreekt van zelf, dat, wil het middel uitwerking hebben, alle cacaoplanters in een streek tegelijkertijd hun boomen vrij van vruchten moeten hebben.

Bij dieren, die moeilijk weggevangen kunnen worden, doordat zij zich snel over de planten bewegen en niet inwendig hun verblijf houden, moet men krasser maatregelen toepassen en ze in massa vernietigen door hen in omstandigheden te brengen, waarin zij niet leven kunnen.

Zoo zijn er rupsjes (Nymphula), die de jonge rijstkweekbedden

beschadigen. Laat men de sawah's droog loopen, dan komen de rupsjes om en de rijstplantjes herstellen zich later, nadat de velden weer onder water zijn gezet. In geval van kevers, die schadelijk zijn voor suikerriet, past men het omgekeerde toe; men verdrinkt hen door de tuinen onder water te zetten.

Niet alleen op cultuurgewassen, doch op talrijke wild groeiende planten komen de schadelijke insecten voor. Dikwijls zijn zij van kruiden of verwilderde cultuurplanten op de aanplanten overgegaan. Vanuit den opslag van tabak in de rimboe tast de Lita Solanella (dikbuik) steeds weer de tabaksvelden aan. Ook de rietboorders trekken van het wilde riet en de oude tuinen naar den jongen aanplant. Men moet er bij het telen van tusschengewassen en van schaduwboomen op letten, dat men soorten neemt, die niet ook parasieten voor cultuurgewassen herbergen.

Het voorbeeld hiervan vinden wij in het geval van Helopeltis; deze wants komt voor op de groenbemester Tephrosia. Dit gewas moet dus liefst in cacao- en theetuinen vermeden worden.

Chemische middelen ter voorkoming of bestrijding van plantenziekten.

In de geneesleer van den mensch worden tal van chemische middelen gebruikt om bekende of onbekende ziekteverwekkende organismen te dooden, of althans giftige werkingen tegen te gaan. Ook tegen schimmels, bacteriën of dieren, die planten ziek maken of beschadigen, kent men een aantal middelen, waarvan sommige onschatbare diensten bewijzen. Zij worden echter dikwijls nog scheef beoordeeld. Men vindt het niet vreemd, dat een wond in het menschelijke lichaam ter voorkoming van infectie met antiseptische middelen wordt behandeld; het desinfecteeren van huizen, kleeren en voorwerpen, die met lijders aan besmettelijke ziekten in aanraking zijn geweest, heeft zich volkomen ingeburgerd en wekt geen verwondering meer. Daarentegen wordt maar al te dikwijls het dichtstrijken van een plantenwond met teer of carbolineum, het ontsmetten van kweekbedden, waarop kiemplanten aan schimmelziekten zijn bezweken, het besproeien van plantendeelen met giftige stoffen, die ziektekiemen dooden, als overbodig beschouwd, of als onoverkomelijk duur en lastig onmiddellijk afgekeurd. Toch moet het duidelijk zijn, dat bij een plant een wond een even groote kans heeft als ingang voor een parasiet te dienen als bij een mensch en dat op een geïnfecteerd kweekbed een plant evenveel kansen heeft ziek te worden als een mensch te midden van lijders aan besmettelijke ziekten.

Met de hooge producties van onze cultuurgewassen kunnen er meer onkosten worden gemaakt en moet de aandacht op de hygiène van de planten gevestigd blijven. De moeite en kosten worden in vele gevallen ruimschoots terug betaald. In de tropen, waar de bestudeering van plantenziekten jonger is dan in Europa en in gematigd Amerika heeft men in vele gevallen nog te weinig ondervinding van de toepassing van geneesmiddelen om te kunnen beoordeelen, of kosten van bestrijding goed gemaakt zullen worden of niet. Hoewel er groote hoeveelheden

geheime en onbeproefde middelen aangeprezen worden, zijn er een aantal, die uit en te na beproefd zijn of beproefd worden en die men in vele gevallen niet ontberen kan.

Met de intensiteit van de cultuur van onze gewassen neemt ook „de cultuur van hun parasieten toe" en wij moeten den strijd van beide kanten aanvatten; èn de gewassen sterker maken èn de parasieten dooden of in hare werking verzwakken. In den strijd tegen de parasieten zullen er chemische middelen noodig blijven, zoolang er parasieten zijn.

Wanneer men maar eens bedenkt, dat in Europa in de wijncultuur, zoowel zwavelkoolstof, als zwavel, waarvan vooral de eerste zeer duur mag genoemd worden, onontbeerlijk zijn geworden, de eerste tegen de druifluis, de tweede tegen den echten meeldauw, dan blijkt daaruit toch wel, dat in bepaalde gevallen zeer dure middelen ter bestrijding toch nog winstgevend kunnen zijn. Het is slechts de vraag, hoe groot de schade is, en welke onkosten gemaakt kunnen worden in een bepaalde cultuur.

Het gebruik van „geneesmiddelen" tegen plantenziekten is reeds van ouden datum. In de tijden, waarin men van de oorzaken der ziekten weinig afwist, trachtte men toch reeds met chemicaliën of organische producten zoowel schadelijke dieren als door zwammen veroorzaakte ziekelijke verschijnsels te bestrijden.

In 1626 raadde een Engelschman PARKINSON aan kankerplekken van boomen uit te snijden en vervolgens de wondplekken met azijn in te smeren, of wel de wond met rundermest of urine te behandelen, twee stoffen, die ook in geneeskunde bij wondbehandeling lang in zwang zijn geweest. In de 18e eeuw vindt men in verschillende landen reeds aangeraden luizen met kalkwater of tabakstof te vernietigen. Ook het gebruik van peper en Helleboruspoeder, den fijngemalen wortel van het nieskruid, dateert uit dien tijd.

In de 19e eeuw begon het gebruik van zwavel en koperverbindingen tegen allerlei zwamziekten zich te ontwikkelen en tot nog toe zijn het slechts deze twee stoffen, die, wel is waar in talrijke verschillende verbindingen, in gebruik zijn, waar het geldt door zwammen veroorzaakte ziekten te bestrijden.

In de laatste helft van de 19de eeuw heeft men in Europa voornamelijk te kampen gehad met ziekten, welke door zwammen werden

veroorzaakt. Daarom komt het gebruik van zwavel en van koper uit Europa, en heeft het zich daar ook in het begin hoofdzakelijk ontwikkeld. In Amerika traden in de tweede helft der 19de eeuw de zware insectenplagen op den voorgrond, zoodat daar de oorsprong van vele insecticiden gezocht moet worden.

De ontwikkeling zoowel van fungiciden als van insecticiden heeft vooral in Amerika een hooge vlucht genomen. De zeer groote uitgestrektheid van de culturen, die onafgebroken hectaren en hectaren beslaan, is oorzaak, dat wanneer er eenmaal parasieten optreden, deze zich zoo sterk vermeerderen, dat men zonder er „paardemiddelen" tegen aan te wenden, de cultuur niet zou kunnen volhouden. In Europa, waar de verschillende culturen, (wij denken hierbij bijvoorbeeld aan de ooftcultuur), veel kleinere oppervlakken beslaan, en schadelijke dieren, die zich niet kunnen verplaatsen, door zones van andere gewassen in hun verspreiding worden tegengehouden, is dit gevaar minder groot. Ook is men in Europa bedachtzamer en gaat er nog zelden toe over groote hoeveelheden zware vergiften, zooals b.v. de arsenicumverbindingen, op de planten te brengen. In Amerika is men in dit opzicht veel brutaler en overdrijft de zaak ook zeker dikwijls.

Het spreekt van zelf, dat insecticiden en fungiciden, stoffen, die tegen zoozeer verschillende organismen gebruikt worden, ook zeer verschillende eigenschappen moeten hebben en dat zelden een stof in beide gevallen dienst zal kunnen doen. Het is evenwel niet onmogelijk, dat zulks wel het geval is en wij zullen er bij de behandeling van de zwavelkalk een voorbeeld van vinden; doch gewoonlijk gaan fungicide en insecticide eigenschappen niet samen.

Beide categoriën van stoffen moeten onschadelijk voor de voedsterplant zijn, en bovendien, waar het plantendeelen geldt, die voor consumptie bestemd zijn, niet giftig voor den mensch. Daar, waar zeer zware vergiften aangewend worden, moeten deze zoo vroeg mogelijk in den tijd op de plantendeelen gebracht worden, zoodat tegen den tijd, dat de vruchten of bladen gegeten worden, de vergiften er af zijn gespoeld. Evenzeer moet er rekening mee gehouden worden, dat sommige stoffen schadelijk zouden kunnen werken, wanneer het plantendeelen betreft, die naderhand een fermentatieproces moeten doormaken, zooals b.v. druiven, tabak en thee. Ten slotte moet nog in het oog worden gehouden, dat de grond vergiften zou kunnen vasthouden;

waardoor later de plantenwortels vergiftigd zouden kunnen worden.

Fungiciden en insecticiden moeten dus, zooals boven reeds gezegd werd, zeer verschillende eigenschappen bezitten. Wanneer een zwam eenmaal in een plant binnengedrongen is en daarbinnen het weefsel verwoest, dan zal het besproeien van de zieke gedeelten buiten op de plant weinig effect meer hebben. Men moet dus tegen zwammen spuiten, als preventief middel, wanneer de kiemen daarvan op de plant aanwezig zijn, doch voordat de ziekte zichtbaar is. Doet men het, wanneer de zwam zich reeds sterk ontwikkeld heeft, dan helpt het niet meer. Men kan in sommige gevallen wachten, tot men een enkele aangetaste plant ziet, doch in vele gevallen is ook dan de zwam moeilijk meer te stuiten.

Met insecticiden is het echter anders. Met die middelen behandelt men de planten, wanneer de dieren zich daarop voordoen, omdat het er in vele gevallen om te doen is de dieren zelve te raken. In enkele gevallen gaat het echter om dieren, welker voedsel men vergiftigen wil en dan kan men, wanneer men een aanval van zulke dieren verwacht, de middelen van te voren toepassen. Het voedsel wordt dan den dieren vergiftigd voorgezet, zoodat zij, óf het niet aanraken, óf dadelijk na het gebruik sterven.

Het spreekt van zelve, dat men, om de verschillende geneesmiddelen goed toe te passen, volkomen op de hoogte moet zijn van den levensloop van een parasiet; om een zwam te bestrijden, moet men weten, wanneer haar sporen kiemen, wanneer zij het eerst zichtbaar wordt, of waar zij haar rusttoestand doormaakt en in welk ontwikkelingsstadium men haar het best aangrijpt. Hetzelfde geldt voor de dierlijke parasieten; zoolang men de ontwikkeling niet kent, blijft de bestrijding onzeker. En zijn eenmaal de recepten voor de behandeling door deskundigen grondig uitgewerkt, dan moeten zij nog met veel verstand en overleg toegepast worden, want het besproeien van planten tegen ziekten zonder oordeelkundig beleid zal meer teleurstelling dan voordeel brengen.

I. Fungiciden.

Koperverbindingen. De ontdekking van de fungicide eigenschappen van koperverbindingen berust op een toeval. In het Zuiden van Frankrijk bestreken de wijnbouwers de wijnstokken, die langs den rand van hunne bezittingen stonden, met een oplossing van kopervitriool en kalk om de bessen een giftig uiterlijk te geven en

daardoor het afplukken van de vruchten tegen te gaan. Toen omstreeks 1880 de valsche meeldauw in die streken den wijnoogst te gronde richtte, merkte men op, dat juist de met kopersulfaat bestreken wijnstokken vrij bleven van deze schimmelziekte. Aan MILLARDET, professor aan de wijnbouwschool te Bordeaux, komt de eer toe het kopersulfaat met de kalk als middel tegen den valschen meeldauw van de druif te hebben ingevoerd: hij probeerde het middel in alle mogelijke verhoudingen en in combinatie met andere stoffen en kwam toen tot de conclusie, dat een mengsel van kopersulfaat en kalk het meest afdoende werkte. Dit mengsel kreeg den naam van „bouillie bordelaise", Bordeausche pap.

Later heeft men ontdekt, dat kopersulfaat reeds in het begin van de negentiende eeuw gebruikt was als middel om graanzaden te ontsmetten en wel door Prévost. Hij doodde de brandsporen op het zaad met deze vloeistof.

Sinds het koper door de aanwending tegen den druivenmeeldauw bekend geworden is, heeft men het in tallooze combinaties aangewend, waarvan wij enkele die zich ingeburgerd hebben, willen bespreken. Hoewel men in vergelijking met koper talrijke andere metaalverbindingen heeft beproefd, komt tot dusverre nog geen aan de werking van koper nabij. Buitendien is de prijs betrekkelijk laag.

Kopervitriool of *kopersulfaat*. Een oplossing in water van dit blauwe zout is zeer geschikt om zaden te ontsmetten, die besmet zijn met sporen van schimmels. Men dompelt ze daartoe in een oplossing van 1 à 2 %; deze werkt nooit schadelijk op het zaad; integendeel schijnt het een zekeren prikkel op de ontkieming uit te oefenen, zoodat deze vlugger plaats heeft. Zoo worden de graanzaden van brandsporen ontsmet. Ook op Java heeft men er wel koffiezaad mee behandeld. Kopersulfaat alleen wordt ook aangewend bij de bestrijding van de krullotenziekte der cacao in Suriname en wel in den drogen tijd op de kale stammen. Bij de bovengenoemde behandeling van zaden, heeft men dus te doen met rustende plantendeelen, die het zware vergif goed verdragen.

Op groeiende, teere plantendeelen, zooals bladeren, kan men kopersulfaat alleen nooit aanwenden; deze organen zouden alle worden gedood. Bij de bestrijding van de krulloten echter komt het er op aan boomen te bespuiten nadat zij zijn ingekapt; het bladerdragende

gedeelte van de kroon, dat de schimmel in allerlei vormen draagt, wordt verwijderd en de kale boom wordt bespoten. Vindt nu bovendien nog de behandeling plaats in den drogen tijd, waarin dus de cacaoboom in rust is en er geen „werking in plaats heeft, dan doet het kopervitriool aan de plant geen kwaad, en is werkzaam als zwamdoodend middel.

Wanneer het echter geldt jonge, groeiende deelen van schimmels te bevrijden, dan moet men het kopervitriool met een stof mengen, die de zure reactie wegneemt. Gewoonlijk doet men dit door toevoeging



Fig. 96. Bereiding van bouillie bordelaise.
1. vat voor kopervitriooloplossing; 2. vat voor kalkmelk; 3. mengvat. (Naar RORER).

van kalk, waardoor de zoo reeds boven genoemde zoogenaamde B o r d e a u s c h e p a p wordt verkregen. Het zeer verbreide gebruik van dit mengsel maakt het wenschelijk de bereiding wat uitvoeriger te behandelen.

Om de concentratie van Bordeausche pap te verkrijgen, die het meest voor het bespuiten van bebladerde boomen wordt gebruikt, lost men 2 K.G. kopervitriool in 50 Liter water op. Verder bluscht men in

een ander vat 2 K.G. kalk en vult de hoeveelheid onder goed roeren tot 50 Liter aan. Alles moet in houten vaten geschieden. Daarna voegt men, steeds onder flink omroeren, de kopervitriooloplossing bij de kalkmelk, totdat men een vloeistof verkrijgt, waarin zich in rust een fijn neerslag afzet. De daarboven staande vloeistof moet helder zijn en rood lakmoespapier blauw kleuren. Een mes, in de vloeistof gehouden, mag geen rooden aanslag vertoonen. Moet zij voor het gebruik langen tijd staan, dan kan men er wat suiker aan toevoegen, waardoor zij minder snel in samenstelling verandert.

Ook verhoogt door toevoeging van suiker het kleefvermogen der pap.

De Bordeauxsche pap wordt nu met een pulverisateur of sprenkelaar verspoten en zoodoende zeer fijn over de plantendeelen verdeeld. Het is van belang, dat men niet te zuinig is met spuiten, zoodat de zwamsporen alle geraakt kunnen worden. Het bezwaar van het wegspoelen van de pap door zware regens doet zich voornamelijk in de tropen gelden. Daarom is men er in Kameroen toe overgegaan op 100 Liter Bordeausche pap 250 gram hars en 500 gram stijfsel toe te voegen, waardoor het kleefvermogen verhoogd wordt. Het schijnt echter, dat wanneer de pap eenmaal goed aangedroogd is, de afspoeling niet zoo gemakkelijk plaats vindt.

Hoe de Bordeausche pap inwerkt, weet men niet precies. Er ontstaan aan de lucht en al naar gelang van de vochtigheid, verschillende koper- en kalkverbindingen, die doodelijk op de schimmels inwerken. Op het plantenweefsel heeft de pap, mits in zwakke concentratie aangewend, een geheel andere uitwerking. Het bladweefsel blijft n.l. langer groen dan onbehandeld weefsel. Er heeft dus een gunstige werking op het bladgroen plaats, die men getracht heeft op zeer verschillende manieren te verklaren.

Nemen wij als voorbeeld de bespuiting van de tabaksplantjes tegen de bibitziekte, *Phytophthora Nicotianae*; de zwemsporen van deze schimmelkiemen op de bladen en stengels en dringen door de opperhuid naar binnen. Bespuit men nu de kiemplantjes, dan worden de myceliumdraden buiten op de plant gedood; de draden, die binnengedrongen zijn, echter niet meer, en deze kunnen haar verwoestend werk nog voortzetten. Al spuit men dan ook herhaalde malen, de ziekte is dan niet meer te beteugelen. Past men echter de behandeling

toe, wanneer de sporen nog nauwelijks gekiemd zijn (als de bibit 2—3 weken oud is), dan worden de kiemdraadjes gedood en door het aanwezig zijn van het giftige koperzout op de bladen, worden de overige sporen verhinderd in hare kieming. Het behoeft wel geen betoog, dat men, om alle sporen grondig te vernietigen, meermalen moet spuiten. De tusschenpoozen kunnen enkele dagen bedragen, 3 à 5 dagen bijvoorbeeld.

De Bordeausche pap is dus meer een voorbehoedmiddel dan een direct bestrijdingsmiddel; is de ziekte eenmaal sterk uitgebroken, dan geeft de behandeling niet veel meer. In een streek, waar Phytophthora voorkomt, moet men altijd de bibit spuiten.

Alle mogelijke schimmels van de familie der *Peronosporeën* kunnen door een soortgelijke behandeling bestreden worden. In de gematigde streken zijn het de valsche meeldauw van den wijnstok en de aardappelziekte, tegen welke men met Bordeausche pap den strijd aanbindt. In sommige landen is de bespuiting van den wijnstok zelfs verplichtend.

In de tropen zijn dergelijke bespuitingen nog veel minder algemeen. Toch is men in Ceylon, West-Indië en Kameroen begonnen de *Phytophthora Faberi*, de zwam van het zwarte rot der cacaovruchten, er mede te bestrijden.

Zeer algemeen is in gematigde en subtropische streken het bespuiten van ooftboomen met Bordeausche pap tegen de vrucht- en bladvlekken, die het ooft in waarde doen verminderen. Zonder dit middel zou men nauwelijks de mooie, vlekkelooze vruchten meer ter markt kunnen brengen. Aan de verbazend sterke uitbreiding van de schurftziekte (Fusicladium) is op deze manier paal en perk gesteld. Op Java is men begonnen de voor export naar Australië bestemde sinaasappelen te behandelen. De boomen met jonge vruchten worden met een 1 % oplossing bespoten. Vlekziekten van de vruchten, mossen en ongedierte op de takken, worden op deze wijze vernield. De inlander past het middel zelf op zijn boomen toe.

Men heeft tal van andere combinaties van koperverbindingen en andere stoffen gemaakt. Zoo geeft men in de laatste jaren in Europa dikwijls de voorkeur aan de zoogenaamde *Bourgondische pap*, die bestaat uit kopersulfaat en soda. Deze stof heeft het voordeel, dat zij veel gemakkelijker te bereiden is; men heeft slechts het kopervitriool en de soda samen in water op te lossen, waardoor een blauwe vloeistof ontstaat.

Het nadeel er aan verbonden is, dat men de Bourgondische niet zooals de Bordeausche pap duidelijk op de bladeren ziet, zoodat men moeilijk kan oordeelen of er voldoende gespoten wordt. Verder zijn er nogal eens bladbeschadigingen bij waargenomen.

Behalve deze gebruikt men nog ammoniakale koperverbindingen, waarop hier niet verder kan worden ingegaan.

Zwavelverbindingen. Naast de koperverbindingen zijn de zwavelverbindingen degene, die in de phytopathologie het meest tegen schimmelziekten gebruikt worden. In gematigde en subtropische streken zijn zij van veel belang; in de tropen hebben zij nog slechts weinig toepassing gevonden.

Men gebruikt ten eerste *zuivere zwavel* in den vorm van zeer fijn gemalen zwavel of bloem van zwavel. Het tot zeer fijne korreltjes verdeelde poeder kan met een blaasbalg over de aangetaste planten bestoven worden, die daarvoor eenigszins nat moeten zijn.

Het is bekend, dat men moet zwavelen bij zeer zonnig weer; dit berust waarschijnlijk daarop, dat onder inwerking van het licht de zwavel zich met de zuurstof uit de lucht verbindt tot zwaveldioxyde. In een gezwavelden wijngaard riekt het op een windstillen dag zeer sterk naar het prikkelende zwaveldioxyde; het is waarschijnlijk dat juist deze stof doodelijk op de zwammen inwerkt.

De meest uitgebreide aanwending heeft de zwavel in Europa gevonden bij het bestrijden van den echten meeldauw van den wijnstok. Het geldt hier een schimmel, die niet zooals de valsche meeldauw diep in het blad doordringt, doch oppervlakkig groeit en slechts met korte zuigorgaantjes in de opperhuid van de plant woekert. Het zijn de bekende zwammen, die een melig overtrek over de planten vormen, en die daarom met zwavel bestreden kunnen worden, daar zij er bijzonder gevoelig voor zijn.

Nu is het begrijpelijk, dat men lage planten gemakkelijk met een blaasbalg met zwavel bestuiven kan; wanneer het groote oppervlakten betreft, kan men een grootere machine met talrijke verstuivers gebruiken, doch het is ondoenlijk hooge boomen te bepoederen.

Men is aan de Westkust van Amerika begonnen met zwavel en kalkmelk te mengen, zoodat er een vloeistof ontstaat, die gemakkelijk te versproeien is en die goed aan de bladeren kleeft, zoodat ook boomen met dichte kroon tamelijk goed bespoten kunnen worden.

Hoewel deze zoogenaamde *Californische pap of zwavelkalk* zich in de tropen nog niet ingeburgerd heeft, zal zij toch hier iets uitvoeriger behandeld worden, daar zij meer en meer in gebruik komt en niet alleen fungicide, maar ook insecticide eigenschappen bezit en voor de tropen in de toekomst wellicht van belang zal zijn.

Men onderscheidt twee soorten van Californische pap: de eerste wordt in Amerika de „home-boiled" genoemd, de tweede „self-boiled". De eerste bereidt men door het samenkoken van zwavel en kalk in water, waardoor verbindingen van zwavel en kalk, zoogenaamde polysulfiden ontstaan, die een roodbruine kleur hebben en een sterk zwam- en insectendoodend vermogen bezitten. Het zelf koken vereischt veel vaardigheid; het is daarom zeer gemakkelijk, dat men de ingedampte pap in den handel kan koopen en naar gelang verdunnen. Van een geheel andere samenstelling is de „self-boiled" pap. Men bereidt haar, door eerst de kalk te blusschen en dan terstond de zwavel erbij te voegen. Door de warmte, die bij het blusschen vrij wordt, ontstaan wel voor een zeer klein gedeelte de boven genoemde polysulfiden; voor het grootste gedeelte blijven echter de zwavel en de kalk afzonderlijk in het water aanwezig; zij worden echter zeer fijn in de vloeistof verdeeld, en deugdelijk gemengd, waardoor men zeer goed kan versproeien.

De sterk inwerkende, „home-boiled" pap kan slechts in zeer verdunden toestand gebruikt worden, wanneer het geldt zwammen op bladeren te vernietigen; liever gebruikt men dan de wat minder werkzame self-boiled pap. Deze wordt ook in de laatste jaren in Amerika meer en meer in plaats van Bordeausche pap gebruikt, daar met deze laatste nog al eens beschadigingen van bladeren of vruchten bij ooftboomen voorkwamen. Wanneer de boomen bladerloos zijn, is echter de home-boiled pap te verkiezen.

In het algemeen gebruikt men dezelfde machineriën als bij het verspuiten van de Bordeausche pap. De pulverisateurs mogen voor dit gebruik echter niet van koper zijn, daar dit metaal door de pap wordt aangetast. IJzeren machines of vertind koperen, voldoen echter goed.

II. Insecticiden.

Tegen insecten, die buiten op de planten leven en kauwende monddeelen hebben, wendt men *maagvergiften* aan, namelijk giftige stoffen, die door de dieren met de plantendeelen verorberd worden en doodelijke

gevolgen hebben. Het zijn hoofdzakelijk kevers en hun larven, rupsen en bastaardrupsen (larven van bladwespen), die op deze manier verdelgd worden. Men moet daarbij tot zeer sterke vergiften zijn toevlucht nemen; het is verwonderlijk hoe veel vergif sommige insectensoorten verdragen.

Arsenicumverbindingen. Voornamelijk gebruikt men als maagvergif *arsenicumverbindingen*, uiterst giftige stoffen, waarmee men voorzichtig moet omgaan.

In Amerika gebruikte men deze verbindingen het eerst en wel in den vorm van *Parijsch of Schweinfürther groen*, tegen den Coloradokever, die een tijd lang de aardappelcultuur bedreigde. Het is een verbinding van arsenigzuur en azijnzuur met koperoxyde, die als fijn poeder over de planten verstoven werd en daar vermengd werd met stof, gedroogd slib, asch of kalk. Zoo werd het op groote schaal aangewend in de katoenteelt, die sterk te lijden had onder de aanvallen van de Heliothis rupsen, dezelfde die de tabak in Deli teisteren. Nu is ook het bespuiten van de tabak op Sumatra's O. K., om deze rups te dooden, algemeen geworden. Zooals reeds boven vermeld werd bij de fungiciden, is het zeer moeilijk een droge stof gelijkmatig over de plantendeelen te verspreiden en te zorgen, dat alle deelen er mede bedekt worden. Beter is dit te bereiken door vloeistoffen te gebruiken, die dan in bijzondere spuittoestellen versproeid worden, dezelfde waarmede de Bordeausche pap aangewend wordt.

Het Parijsche groen nu, lost niet op in water, doch moet door een sterk werkend roertoestel aan den pulverisateur gedurende de bespuiting in beweging gehouden worden, waardoor de stof gelijkelijk in de vloeistof verdeeld blijft. Het is op deze wijze met succes gebruikt tegen de rupsenplagen in de kweekbedden van de Deli-tabak. Dit is ook de eerste aanwending van het vergif in Nederlandsch Oost-Indië geweest. Hier gebruikt men het ter sterkte van 1 op 1000 in water. Sterke concentraties hebben kwade gevolgen; er ontstaan dan n.l. brandplekken op de bladen, die veroorzaakt worden door het altijd in Schweinfürther groen aanwezige vrije arsenigzuur, dat in water oplosbaar is, doch niet in een te hoog percentage in het preparaat mag voorkomen. Parijsch groen wordt dan ook meer en meer in poedervorm toegepast. De Chineesche koelies schudden het poeder met stof

of kalk vermengd op de tabaksbladeren (1 : 100). Hiertoe gebruiken zij een peperbus of een klapperdop met een bundel veeren.

In de 20ste eeuw is echter het gebruik van een tweede arseenhoudende verbinding meer en meer als insecticide op den voorgrond getreden, n.l. het *loodarseniaat*, samengesteld uit arseenzuur en loodoxyde.

Deze stof heeft zeer groote voordeelen. Zij blijft beter gesuspendeerd in water, bevat geen vrij arsenigzuur, zoodat er minder gevaar voor verbranden bestaat en blijft veel beter op de planten kleven. Vooral in de tropen, waar de hevige regenbuien het Parijsch groen geheel wegspoelen, beantwoordt loodarseniaat beter aan het doel. Daartegenover staat, dat het arsenicumgehalte van deze stof aanmerkelijk lager is dan dat van Parijsch groen, zoodat men hoogere concentraties (voor de tabak een tienmaal zoo groote hoeveelheid) moet aanwenden. Het gebruik van loodarseniaat is daarom veel duurder.

Soms is het noodig om tegelijk met een insecticide, een fungicide toe te passen. Gelukkig kan men arsenikverbindingen met bouillie bordelaise te zamen versproeien, ja deze manier is zelfs zeer voordeelig, daar dan de fijnverdeelde Bordeausche sap de arsenicumdeeltjes beter zwevende houdt. Bij de Delitabak, waar de bibit tegen Phytopthora Nicotianae (de bibitziekte) met Bordeausche pap en tegen de rupsen met loodarseniaat behandeld wordt, past men dan ook deze combinatie toe. Zeer algemeen is dit gebruik in Noord-Amerika, waar de uitgestrekte fruitplantages gelijktijdig tegen de schimmelziekten en tegen de rups van het wormstekige fruit beveiligd moesten worden.

Ten slotte zij nog vermeld, dat arseenverbindingen wel gebruikt worden tegen sprinkhanen. Men legt dan op de plekken, waar men de dieren verwacht, vergiftigd voedsel neer, bestaande uit een mengsel van 18 K.G. paardemest, 200 gram Schweinfürther groen en 2 K.G. zout.

Geheel andere middelen dienen om insecten te verdelgen, welke aan de planten zuigen, zooals luizen en schildluizen. Het zijn de *contactvergiften*, welke bijtende stoffen bevatten, die de zachte huidjes der insecten vernietigen of die de dieren met een laagje bedekken, dat hun ademhalingsopeningen van de lucht afsluit. Een volkomen scherp onderscheid met de vorige groep is echter niet te maken.

In bijna elke cultuur heeft men met luizen- of schildluizenschade te kampen, zoodat het niet te verwonderen is, dat er tal van middelen

in gebruik zijn om hen te verdelgen. De ontzaglijke massa's, waarin deze dieren voorkomen en hun verbazend sterk voortplantingsvermogen, maken de bestrijding moeilijk.

Bespuitingen zijn trouwens bij groote, dichtopeenstaande planten niet voldoende grondig uit te voeren.

Vele van deze voor de bespuiting gebezigde stoffen worden, wanneer zij niet oplosbaar zijn, met zeep geëmulgeerd; zeep vormt n.l. ondoordringbare huidjes over de luizen, zoodat zij stikken, zoodat het toevoegen van deze stoffen een tweeledig doel heeft. In sommige gevallen is het gebruik van zeep alleen voldoende. Toch moet men er om denken, dat de zeep ook de huidmondjes der bladeren afsluit en de plant daarop kan reageeren met afwerpen van bladen. Het meest onschadelijk voor de planten zijn plantenaftreksels, zooals *het tabaksextract*, dat met zeep gemengd, gewone luizen tamelijk goed verdelgt. Bij de Delitabak gebruikt men tegen de luis een mengsel van 200 water, 450 tabaksextract 10 %, 150 zeep, 150 spiritus en 100 soda, waardoor de bijtende eigenschappen van het vocht belangrijk versterkt worden. Schildluizen worden hierdoor niet aangegrepen; wel de zeer jonge schildluisjes, die nog ongewapend, juist onder het moederschild vandaan komend een reis op de plant ondernemen.

Een dergelijke uitwerking heeft een afkooksel van *Kwassia amara* (bitterhoutbast), dat met zeep vermengd wordt.

Een uitstekend middel vindt men ook in het *Helleboruspoeder*, (Amerikaansch insectenpoeder), den fijngemalen wortel van het nieskruid, dat ook op grootere dieren, zooals bastaardrupsen en rupsen gebruikt wordt, bij welke het de tracheeën verstopt, en door de intensief prikkelende werking de dieren spoedig doodt. Het wordt gewoonlijk met een blaasbalg, verstoven, als de planten nat van den dauw zijn. Ook wordt het wel met zeep of tabak vermengd versproeid.

Het middel is nog wat hoog in prijs om het voor groote oppervlakten te kunnen gebruiken. Een ander middel van plantaardigen oorsprong dat in de tropen gebruikt wordt is de *tocba*. Het is een aftreksel van de wortels van Derris elliptica, een vlinderbloemig gewas, dat door de inlanders als vischvergif wordt gebruikt, daar één deel op 8 millioen deelen water in staat is visschen spoedig tot sterven te brengen. Het is te begrijpen, dat luizen en mijten, wanneer zij met het melkachtige decoct besproeid worden, spoedig sterven. Waar-

schijnlijk zullen ook grootere insecten met kauwende monddeelen door hoogere concentraties van dit middel wel te bestrijden zijn.

Het *insectenpoeder* bestaat uit de fijngemalen bloemhoofdjes van Pyrethrum cinerariaefolium (Dalmatinisch) of Pyrethrum carneum (Perzisch), dat voor huisgebruik tegen insecten voldoet; het wordt evenals *Helleborus* met zeepwater versproeid, of wel met een spuitje in poedervorm op de planten gebracht.

Waar het geldt bladluizen te bestrijden, kan men steeds gebruik maken van kalkmelk, die op de planten gesproeid wordt.

Veel scherper en bijtender middelen moet men echter gebruiken tegen schildluizen, die onder een hard schild bedekt zijn en wolluizen of bloedluizen, die door een dikke laag van een wasachtige of witte wol gelijkende stof bedekt zijn, welke slecht te bevochtigen is.

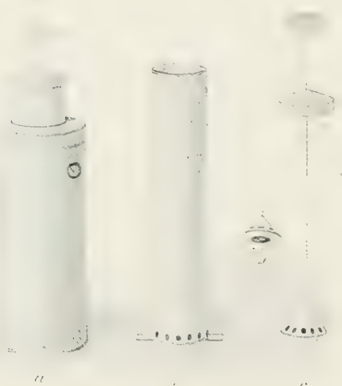


Fig. 97.
Toestel voor de bereiding van petroleum emulsie
$^{1}/_{10}$ nat. gr.

Terwijl de jonge luisjes, als zij onder het moederschild vandaan kruipen, gemakkelijk te dooden zijn, daar bij hen het schild nog niet ontwikkeld is, moeten de volwassen insecten zoo mogelijk in den rusttijd van de boomen bestreden worden, want, wanneer men niet met zeer harde bladen te doen heeft, worden deze organen te sterk beschadigd.

Het meest beproefde middel is nog steeds de *petroleum*, die als zoodanig of als een zeepemulsie wordt gebruikt. Ook het gebruik van dit middel is uit Amerika tot ons gekomen.

Langen tijd gebruikte men hoofdzakelijk de petroleum zeep- of petroleum-melk emulsies, daar deze minder gevaarlijk zijn, dan het onvermengde product. Voor de bereiding lost men de zeep in kokend water op en voegt daarbij onder gestadig sterk omroeren of in een karntoestel de petroleum waardoor een roomachtige vloeistof ontstaat, die bij afkoeling tot een soort boterachtige massa wordt en zoo lang bewaard kan blijven.

Deze standaardoplossing bevat op 1 Liter water 0,125 K.G. zeep en 2 Liter petroleum. Voor verschillende doeleinden kan zij verschillend verdund worden. Niet zoo duurzaam is de petroleum-melk emulsie, die zonder verhitting bereid kon worden door 2 deelen petroleum met 1 deel zure melk te mengen. Planten met harde bladen verdragen een betrekkelijk geconcentreerde bespuiting, (1 deel standaardemulsie op 8 deelen water), zoo bijv. de citroenen en sinaasappelen. In de Delitabakcultures gebruikt men de emulsie voor het begieten van de zaadbedden om de mieren er af te houden, die anders het pas opgebrachte zaad komen weghalen. Tot dit doel verdunt men de standaard oplossing 20 maal. Met petroleumemulsie kan men ook in den drogen tijd de mijten in de thee bestrijden.

In de laatste jaren gaat men er weer meer toe over boomen in den rusttijd te bespuiten met onvermengde petroleum, en wel hetzij met het ruwe product, hetzij met een geraffineerd product, de gewone brandpetroleum. Voor de emulsies kan men beide gebruiken ; dat maakt niet heel veel verschil. Onvermengd gebruikt is echter ruwe petroleum minder gevaarlijk, daar zij veel zware oliën bevat en daardoor niet zoo gemakkelijk door den bast heendringt, terwijl bovendien de lichtere oliën verdampen en de zware een korst om den stam vormen, die verhindert, dat er eieren uitkomen of niet geraakte dieren zich verder verspreiden.

Zoowel met benzine als met ruwe petroleum moet men spaarzaam omgaan. Druipt er veel vocht van den stam af, dan kunnen door het indringen in den bodem de wortels sterven. Men doet daarom goed wat aarde tegen den stam op te hoopen en die naderhand weg te nemen.

Men brengt ook zoogenaamde *oplosbare oliën* in den handel, mengsels van petroleum en plantaardige oliën, die nooit meer dan 75 procent petroleum bevatten en waaruit de ruwe bestanddeelen verwijderd zijn. Zij kunnen zóó met water vermengd worden.

Het spreekt van zelf, dat al deze petroleumhoudende vloeistoffen voorzichtig gebruikt moeten worden en dat naar den aard van de parasiet zoowel als naar dien van den gastheer de sterkte geregeld moet worden. Het is steeds aan te raden een kleine proef aan een definitieve behandeling te laten voorafgaan. Behalve bij de bestrijding van schildluizen komen deze stoffen ook bij de bestrijding van mijten te pas, die zeer taai zijn tegenover bladluismiddelen.

In warme streken, waar droge- en regenperioden met elkaar afwisselen en een zeer sterke vermenigvuldiging van schildluizen te vreezen is, gebruikt men dikwijls vloeistoffen, waarvan *hars* een bestanddeel uitmaakt. Deze dringen niet zoo spoedig door de schilden heen als de petroleummengsels, zij zijn veel minder bijtend, doch zij vormen een korst over de met schildluizen bezette plantendeelen, die, wanneer zij niet afgespoeld wordt, het uitkomen van jongen belet. In Californië worden met hars de sinaasappelen- en citroenboomen behandeld.

De bereiding is wat omslachtig, doch goed uitvoerbaar. 10 kilogram fijngestampte hars worden met 1.3 liter traan, 2.25 kilogram bijtende soda en water 2 uur lang gekookt en daarna verdund met 75 liter water.

Terwijl de meeste insecticiden van Amerikaanschen oorsprong zijn, zijn er toch enkele speciaal uit Europa afkomstig. Zoo wordt het carbolineum in de laatste jaren hoofdzakelijk door Europeesche fruittelers aangewend.

Carbolineum werd oorspronkelijk als plaatsvervanger van teer gebruikt om boomwonden van de lucht en daarmee voor het indringen van schadelijke kiemen af te sluiten. Toen men zag, dat met carbolineum, bestreken wonden vlugger dicht groeiden dan onbestrekene en de met carbolineum besmeerde schors haar oude deelen snel afwierp en er daaronder zich spoedig een gezonde nieuwe schors vormde, kwam het meer en meer in gebruik. Het werd zeer veel gemengd met kalk om boomstammen te bestrijken en zoodoende den groei van een gezonde schors te bevorderen, eieren van allerlei schadelijke insecten, poppen enz. te dooden en bovendien den stam vrij te houden van mossen. Allengs kwam men er toe ook de dikkere boomtakken in den winter te bestrijken en ten slotte ging men er toe over geheele boomen te besproeien.

De besproeiing kwam eerst in zwang, toen men er in slaagde de carbolineum te verdunnen door ze in den toestand van emulsie te brengen. De ruwe timmermans carbolineum was daartoe te schadelijk en er zijn langzamerhand vele gezuiverde carbolineum-producten in den handel gekomen, die met meer of minder succes bij de bestrijding van insecten op boomen zijn gebruikt. In het algemeen kan men zeggen, dat carbolineum, waarin zware teeroliën of pikachtige bestanddeelen aanwezig zijn, niet gebruikt mag worden voor bespuiting.

Knoppen lijden zeer licht van de bijtende inwerking, terwijl ook jonge scheuten er gevoelig voor zijn. Talrijk zijn de opgaven in de literatuur, waarbij carbolineum schade deed aan de boomen.

Daartegenover staat, dat door het voorzichtig aanwenden van beproefd gezuiverd, emulgeerbaar carbolineum op boomen in den rusttijd, men zonder beschadiging de boomen van een massa luizeneieren, vlinderpoppen, keverlarven enz. kan zuiveren (3—8 %). Men moet echter voorloopig nog zeer op zijn hoede zijn voor de tallooze merken die voor de bestrijding van plantenziekten worden aangeprezen. Verschillende planten zijn zeer verschillend gevoelig voor het middel, zelfs leerachtige, oogenschijnlijk harde bladen kunnen zeer sterk beschadigd worden. Daarentegen is het aanstrijken van stammen steeds aan te bevelen. Bij verschillende bastziekten kan het als fungicide dienst doen, (cacaokanker) terwijl ook boorders, door het inspuiten van carbolineum in de gangen, vernietigd kunnen worden.

Het is te begrijpen, dat men met sproeien, al is het middel deugdelijk, toch nooit alle dieren kan bereiken, vooral wanneer bebladerde boomen behandeld worden. Bij min of meer dichte bladerkronen is het onmogelijk alle luizen en schildluizen te bereiken. Daarom is het begrijpelijk, dat alleen gasvormige stoffen, die overal in door kunnen dringen, planten volkomen van hare vijanden kunnen bevrijden. Nu heeft men inderdaad in het *blauwzuur* of *cyaanwaterstofgas* een middel gevonden om de dierlijke parasieten te dooden zonder dat daarbij de planten schade behoeven te lijden. Het groote bezwaar van deze stof is haar uiterste giftigheid voor menschen. Het inademen van dit gas is doodelijk. De behandeling met dit gas mag dan ook alleen geschieden door personen, die er volkomen mede op de hoogte zijn en die de grootste voorzichtigheid in acht nemen. De behandeling moet in afgesloten ruimten plaats vinden, zoodat zij alleen in kassen of schuren is toe te passen, of op boomen met gebruikmaking van een tent van zwaar geolied, ondoordringbaar zeildoek. Een en ander maakt de behandeling niet alleen omslachtig, daar men slechts kleine oppervlakten tegelijk kan behandelen, doch bovendien zeer kostbaar, zoodat zij alleen in bepaalde culturen, waar elke plant een groote waarde vertegenwoordigt, is toe te passen. Amerika is al weer het land waar men dit middel begonnen is. Niet alleen in kassen, maar ook in boomgaarden, zoo bijvoorbeeld in de sinaasappelculturen in Californië

wordt het aangewend. De boompjes, die behandeld moeten, worden dan met een tentje bedekt. Op Java heeft men op deze wijze koffieboomen van de groene luis gezuiverd.

In Amerikaansche havens is het bij de wet voorgeschreven dat al het ingevoerde plantenmateriaal met blauwzuurgas behandeld moet worden, om zeker te zijn geen gevaarlijke insecten in te voeren. Men heeft daartoe bepaalde ruimten ingericht, zoogenaamde „fumigating houses." Planten in bladerloozen toestand lijden niet van het gas, terwijl de dieren reeds bij een spoor van het vergif sterven. Groene planten ondervinden wel schade, als een bepaalde concentratie overschreden wordt. Zaden verdragen de behandelig zonder meer.



Fig. 98.
Tent, waaronder boompjes met blauwzuurdamp worden berookt.

Men verkrijgt het gas door cyaankalium in zwavelzuur te brengen. Wanneer men in de tenten of kassen bakken met zwavelzuur brengt en door een opening voorzien van een sluitinrichting, aan een lang touw het cyanide naar binnen brengt, en zich fluks verwijdert, zal er geen gevaar voor vergiftiging zijn.

Struiken en boomen in bladerloozen toestand, of in rust kunnen tot 40 gram cyaankalium per M^3. verdragen; anders kan men nauwelijks boven 10 gram gaan, terwijl de berooking niet langer dan een uur mag duren. Bij zwakke berookingen worden wel dieren, maar geen eieren gedood. De bebladerde, in den bodem staande boomen worden met een tent bedekt, waarin het vat met de chemicaliën wordt gebracht. Na een uur wordt de tent opgetrokken en moeten de arbeiders zich nog eenigen tijd

uit de buurt houden. Het is geraden de bewerking des nachts te doen, daar zonlicht het blauwzuurgas ontleedt. Bovendien mag het geen vochtig weer zijn, want het vocht absorbeert het gas en op de natte plekken op de bladeren kan beschadiging optreden.

Bij het invoeren van stekken of jonge planten van nieuwe variëteiten van cultuurplanten is dit middel volkomen afdoende om te verhinderen, dat met de nieuwe soorten nieuwe plagen van dierlijken oorsprong worden ingevoerd.

Een wel wat minder, maar toch giftig middel, dat buitendien zeer licht ontvlambaar is, vindt met in *zwavelkoolstof*, waarvan de dampen eveneens doodelijk op dieren inwerken. Het is een gele, eigenaardig riekende vloeistof, die zeer snel vervluchtigt. De planten lijden er niet van: zelfs vruchten schijnen den geur niet vast te houden.

Algemeene aanwending vindt dit middel bij het vernietigen van den „tabaksworm", (kevertjes) in het verpakkingsmateriaal. Wanneer de matten niet elken keer gereinigd worden, door hen aan den damp van zwavelkoolstof bloot te stellen, kunnen gedurende het vervoer groote voorraden door deze dieren vernietigd worden. Rijst, erwten e.a. producten worden eveneens gemakkelijk gereinigd door behandeling met zwavelkoolstof.

Ten slotte vinden wij in zwavelkoolstof een middel, dat aangewend wordt bij de bestrijding van insecten, die in den grond leven en die zeer moeilijk te bestrijden zijn. Wij willen echter aan de bespreking van in den bodem levende organismen een afzonderlijk hoofdstuk wijden.

III. De Ontsmetting van den bodem.

Het dooden van schadelijke dieren en zwammen in den grond is een moeilijk vraagstuk. Met gewassen, die slechts gedurende een gedeelte van het jaar op het land staan, kan men de ontsmetting toepassen in den tijd van braak liggen. Wanneer het de parasieten aan wortels van boomen betreft, is het zeer moeilijk een behandeling toe te passen, waarbij de plantenwortels niet beschadigd worden.

De ontsmetting van kweek- of kiembedden is het minst bezwaarlijk. Wij hebben hier te doen met kleine oppervlakten, waarop dus de kosten niet zeer hoog kunnen loopen. De tabak bijvoorbeeld heeft op de kweekbedden van schimmels en insecten veel te lijden. In Italië werkt men met verplaatsbare ovens, in welke de aarde der kweekbedden

laagsgewijze wordt uitgebreid en door hitte van parasieten bevrijd. Op Cuba giet men eenvoudig met kokend water, waardoor ook reeds vele sporen en eieren te gronde gaan. In Amerika maakt men in de tabakslanden gebruik van formaline (een 40 % oplossing van formaldehyd in water), die over de bedden wordt gegoten ter sterkte van 5 %. Daarna worden de bedden met zeildoek bespannen om den damp van deze zeer vluchtige stof eenigen tijd te laten inwerken.

Op Java ontsmette men wel de kweekbedden met ammoniakdampen, die men liet ontwikkelen door in den grond ongebluschte kalk met zwavelzure ammoniakoplossing te overgieten. Tegenwoordig gebruikt men in Deli voor de desinfectie een zwakke oplossing van kaliumpermanganaat. Ook het water, waarmee de uitgeplante tabak wordt begoten, wordt door kaliumpermanganaat gedesinfecteerd.

Voor grootere oppervlakten wordt de ontsmetting van den grond een dure, bewerkelijke geschiedenis. Dat zulk een behandeling uitvoerbaar is en met veel succes kan toegepast worden, heeft in Europa de bestrijding van de druifluis bewezen (Phylloxera vastatrix). In de wijncultuur heeft elke stok een bepaalde waarde en kunnen er onkosten gemaakt worden, wat bij landbouwgewassen bij voorbeeld niet het geval is.

In Frankrijk wendde men in 1859 reeds de *zwavelkoolstof* aan. De druifluis is een parasiet, die zich aan de wortels van den wijnstok vast zuigt en sappen aan de plant onttrekt. Bij de bestrijding brengt men nu in gaten rondom de aangetaste plant of met een bijzonder daartoe ingerichte injecteurs de zwavelkoolstof. De damp van deze stof schaadt de plantenwortels in zeer geringe mate, doch is doodelijk voor de druifluis. Daarbij moet in het oog gehouden worden, dat zij des te sneller verdampt al naardat de bodem warmer is. Bij een te snelle verdamping blijven de insecten intact. Evenzoo laat een zeer droge bodem den damp te snel ontsnappen. Daarentegen verspreidt deze in een zeer natten bodem zich uiterst moeilijk en langzaam, zoodat men, wat deze omstandigheden aangaat, een middenweg moet zoeken. De wijnstok kan 100 c.c per plant, verdeeld over drie gaten verdragen. Na de geringe stremming in den groei herstelt zich de plant spoedig. De druifluis is in Europa door deze behandeling grootendeels beteugeld. Op Java is de inwerking van zwavelkoolstof op de Oeret (keverlarven) in de cassave cultuur uitvoerig nagegaan. Het is gebleken, dat hier door

40 c.c. per struik in den grond te brengen (in 2 gaten) alle oerets, al zijn er 80 à 90 per plant aanwezig, gedood worden. Wel gaan kort na de behandeling een groot deel van de cassavewortels tot rotting over. Het is daarom aan te bevelen het terrein kort voor den oogst oeretvrij te maken. In de cassave cultuur, waar elke plant in vergelijk met den wijnstok, slechts zeer geringe waarde vertegenwoordigt, komen deze kosten, *f* 140 per bahoe, te hoog. Door het sterke verdampen van deze stof bij het transport tegen te gaan, zouden de onkosten wel lager kunnen worden. Het is echter nog een open vraag binnen hoeveel tijd na de ontsmetting, de larven weer in den grond te vinden zijn. Kunnen de terreinen gedurende meerdere oogsten vrij blijven, dan zouden de onkosten van de bewerking goed gemaakt worden.

In Europa is het gebleken, dat met aaltjes besmette terreinen eveneens door zwavelkoolstof gemakkelijk te reinigen zijn. In geval van aaltjes wordt het land echter altijd spoedig weer besmet, doordat de dieren met schoppen, paardehoeven, enz. meekomen. Beperkte aaltjesplekken in koffie en thee, vooral in de kweekbedden, zou men door gebruik van dit middel kunnen reinigen.

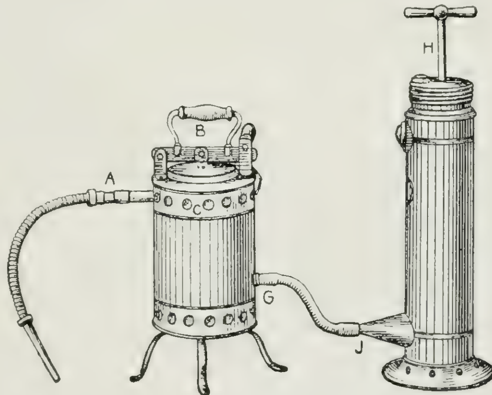


Fig. 99. Arsenicum-Zwavel-komfoor.
Toestel tot het dooden van termieten.

Termieten of witte mieren, die in den grond leven en schadelijk aan boomstammen worden, in welke zij hun gangen graven, kunnen vernietigd worden door zwavelarsenikumdampen, die men daartoe in een „Ameisentödter Universal" ontwikkelt. Het toestel bestaat uit een komfoor en een luchtpomp; in het eerste wordt zwavelarsenikumpoeder verhit; door de pomp stuwt men de ontwikkelde dampen in de onderaardsche gangen of ook in de stamgangen.

Behalve zwavelkoolstof heeft men nog carbolineum, benzine,

petroleum e.a. middelen gebruikt ter ontsmetting van velden, waarop tijdelijk geen plantengroei plaats vond.

Brengt men er het desinfectans in niet te sterke concentratie in, ongeveer 3 tot 4 maanden voordat het veld beplant of bezaaid wordt, dan kan men dierlijke en plantaardige parasieten vernietigen, zonder dat de planten er van lijden. Ja, men heeft zelfs bemerkt, dat na een behandeling met zwavelkoolstof, òf carbolineum òf benzine of een ander desinfectans de plantengroei buitengewoon intensief is. Het was reeds lang bekend, dat de wijnstok door zwavelkoolstof niet alleen van de druifluis bevrijd wordt, maar bovendien zelf een gunstigen invloed ondervindt. Vooral gronden, waarop een bepaald gewas zeer dikwijls verbouwd is, gronden die „moe" zijn, ondervinden dezen gunstigen invloed. De verschijnselen zijn de volgende: er wordt meer loof geproduceerd, de planten hebben een gezonder kleur en geven een aanzienlijk hooger product.

Wat de oorzaak is van dezen gunstigen invloed is niet geheel opgehelderd. Wel is bewezen, dat in op de boven beschreven wijze behandelde stukken grond het salpetergehalte sterk stijgt. Eerst daalt het eenigzins, om dan sterk op te loopen.

Men stelt zich dus voor, dat de zwavelkoolstof (of een van de andere verbindingen) in bepaalde richting op de bacteriënflora van den bodem inwerkt. In den grond komen zoogenaamde nitrificeerende bacteriën voor; dit zijn bacteriën, die de ammoniak- en organische stikstof in salpeter omzetten en hierdoor voor assimilatie geschikt maken. Omgekeerd zijn er denitrificeerende bacteriën, die de gebonden salpeterstikstof uit den grond weer vrij maken. De zwavelkoolstof begint met beide categoriën van bacteriën grootendeels te vernietigen. Na de periode van achteruitgang gaan echter de nitrificeerende bacteriën zich verbazend sterk ontwikkelen, terwijl de denitrificeerende in de minderheid blijven. De grootere hoeveelheid opneembare stikstof, die dus indirect door de zwavelkoolstof in den bodem ontstaat, zou dus aanleiding zijn tot een sterkeren groei. Dit verschil in hoeveelheid bacteriën is door verscheidene bacteriologen aangetoond. Alle verschillende waargenomen gevallen worden door deze theorie echter nog niet verklaard. Zeker is het, dat in het algemeen de stoffen, waarvan men de gunstige werking heeft geconstateerd, te duur zijn om hen in het groot aan te wenden. Om haar groote vluchtigheid moet men de meeste ook diep in den grond brengen, hetgeen een omslachtige bewerking is.

De proeven, die in die richting genomen worden, zullen zeker nog wel geschikte stoffen aan het licht brengen, die naast ontsmettende, grondverbeterende eigenschappen bevatten. Zulke stoffen zijn bij de hedendaagsche intensiteit der cultures, die verbazend hooge eischen aan den bodem stellen, zeer gewenscht.

Hieraan aansluitende mag nog genoemd worden het dooden van groote dieren in den grond door zwavelkoolstof. In de streken, waar ratten en muizen het suikerriet of rijst beschadigen, wordt de grond wel plaatselijk met zwavelkoolstof geïmpregneerd.

Bestrijding van parasieten door haar natuurlijke vijanden.

In het hoofdstuk over immuniteit is besproken hoe zich parasieten gedragen, wanneer zij in andere landen worden overgebracht. Wij hebben daar gezien, dat zij na overbrenging zich dikwijls onrustbarend sterk ontwikkelen. Het kan zijn, dat dit ligt aan de verschillende variëteiten van voedsterplanten, die niet tegen de parasieten bestand zijn, maar het kan ook wezen, dat de overgebrachte parasieten in de nieuwe streek geen vijanden vinden, die haar op haar beurt verdelgen.

De onbeperkte ontwikkeling van alle mogelijke planten- en diersoorten wordt beteugeld door andere organismen, die op haar parasiteeren. Niet alleen onze cultuurplanten, maar ook haar vijanden vallen daaronder.

Nu weet men van de vijanden van de schadelijke schimmels en bacteriën weinig af. Men heeft op de zwam van den kruisbessenmeeldauw wel eens een andere schimmel aangetroffen, die op haar parasiteerde; men weet ook, dat insecten wel eens zwamsporen eten, maar onze kennis dienaangaande is nog in het allereerste begin, zoodat er nog geen sprake van is geweest er practisch nut van te trekken. Anders is het echter met de vijanden van de dierlijke parasieten gesteld.

De insecten hebben onder hun eigen klasse talrijke vijanden, en men is er in enkele landen sinds jaren mee bezig parasieten en verdelgers van schadelijke insecten in het groot te kweeken en los te laten, in de hoop op die manier uitgebreide insectenplagen te beperken. Die vijanden zijn van verschillenden aard.

Het zijn insecten, die andere insecten vreten, dus *roofinsecten*, die van dierlijk voedsel leven, zooals keverlarven en volwassen kevers, sprinkhanen, gaasvliegen.

Van grooter belang nog zijn de insecten, die op andere insecten parasiteeren en welker bestaan dus van de aanwezigheid van bepaalde

gastheeren afhankelijk is (echte parasieten). In het kort willen wij de voornaamste groepen schetsen.

Onder de vliesvleugeligen komen verschillende groepen voor, die *sluipwespen* genoemd worden (zie pag. 459). Het zijn dieren met vier vliezige vleugels, waarmee zij zich zeer snel bewegen. Zij gelijken meer op gevleugelde mieren dan op wespen. De wijfjes bezitten een legboor, waarmede zij larven, poppen of eieren van andere insecten aansteken om er haar ei of eieren in af te zetten. Een door een sluipwesp aangetaste rups b.v. vertoont een klein zwart plekje, het boorgaatje. De jonge sluipwesplarfjes leven in de rups ten koste van het aanwezige reservevet. Om te gaan verpoppen kruipen de larven door de huid naar buiten, waarna de rups sterft. Men vindt dan deze slap geworden of doode rupsen met een groot aantal sluipwespcoconnetjes buiten op het lichaam.

Eenigszins anders leven de parasieten uit de orde der vliegen, de *Tachiniden*. Deze missen de legboor en plaatsen de eieren buiten op de rupsen. De larfjes boren zich dan tusschen twee ringen van het lichaam van hun gastheer in en zuigen dezen op dezelfde wijze uit als de sluipwespen.

Ook onder andere klassen van dieren hebben de insecten talrijke vijanden. Tot de uitsluitend van insecten levende dieren behooren in de eerste plaats vele vogels. Over een groot aantal soorten was en is men het lang niet altijd eens of zij hoofdzakelijk kwaad doen (d. w. z. plantenzaden en vruchten eten) of goed doen, (n.l. insecten eten). Sinds echter de methode in zwang is gekomen de vogelmagen op haar inhoud te onderzoeken, heeft men daaromtrent veel geleerd en weet men van een groot aantal vogelsoorten of zij, in belang van den landbouw, beschermd moeten worden of niet.

Hiermede in verband worden daarom in verschillende landen vogelwetten en jachtwetten veranderd. De algemeene vogelbescherming begint zich dan ook meer en meer te ontwikkelen.

Over het bestrijden van schadelijke insecten door middel van roofinsecten en echte parasieten, willen wij wat uitvoeriger zijn. Men is in de Vereenigde Staten reeds zeer vroeg begonnen met het kweeken van inlandsche insectenparasieten. Men had toen een grove methode, die toch wel eenige uitwerking schijnt gehad te hebben. Er werden namelijk groote hoeveelheden van larven of nesten van schadelijke

insecten verzameld en in vaten bewaard. De bedekking van deze vaten was van dien aard, dat de schadelijke dieren, die er zich in ontwikkelden, niet ontsnappen konden, terwijl voor de meestal veel kleinere parasieten gelegenheid bestond door fijne mazen van een dekstof te ontkomen. Op deze wijze werd een verbreiding van de parasieten in de hand gewerkt. Later heeft men zich van meer uitgewerkte methoden bediend. In Ned.-Indië is reeds lang veel belangstelling geweest voor de studie van de vijanden der schadelijke insecten. Zoo worden de parasieten (wespjes) van de cacaomot grondig bestudeerd. Op enkele ondernemingen zijn zij in het groot gekweekt en bij duizenden in den aanplant losgelaten Het is gebleken, dat de motparasieten oorspronkelijk op spinneneieren parasiteerden en regelmatig in spinnennestjes worden aangetroffen. In den tijd van het rampassen, als alle cacao van de boomen is, is er dan tenminste een gastheer aanwezig, op welke zij voortteren kunnen. Doch het is ook zeker, dat de voorkeur aan spinneneieren boven motcocons wordt gegeven. Het practische resultaat van dit verspreiden van parasieten in het groot is nog niet te overzien. Ook met de sluipwespjes van de rietboorders zijn nog geen resultaten bereikt.

Wel weet men op Java, dat de boeboek, een schorskevertje in de koffie, veelal in zijn ontwikkeling beperkt wordt door een sluipwespje, dat men regelmatig uit de aangetaste takjes, in plaats van het kevertje, kan zien te voorschijn komen.

Van eenigszins anderen aard is het bemieren van cacaotuinen tegen de wants Helopeltis, een methode die meer en meer ingang vindt. Het is n.l. gebleken, dat de cacaovruchten, waarop de zwarte cacaomier (Dolichoderus bituberculatus) meestal samen met een witte schildluis (Dactylopius crotonis) voorkomt, door Helopeltis gemeden worden. De mier eet de wants niet op, maar zij mijden elkaar. Het voorkomen van het eene insect sluit dat van het andere uit. Men zoekt nu de cacaotuinen kunstmatig te bemieren. Er worden daartoe tot nesten samengebonden cacaobladeren in de boomen opgehangen, terwijl men er kolonies van zulke mieren in loslaat. Het is daarbij dikwijls noodig, dat vreemde mieren, welke weer de zwarte mieren zouden verjagen, worden weggevangen (gramangmier). Naast elkaar gelegen tuinen verbindt men wel door bamboedraden, om de mieren te laten overwandelen. Om het den mieren naar den zin te maken, moeten de tuinen goed beschaduwd zijn.

Daar, waar echter geen parasieten van schadelijke insecten ter plaatse voorkwamen, moest men zijn toevlucht nemen tot het invoeren van dergelijke nuttige parasieten uit andere wereldstreken, dikwijls uit de streek, waaruit het bewuste schadelijke insect was ingevoerd. Immers hier zijn de plagen meestal beperkter en de parasieten talrijker!

Het voornaamste succes met den import van insectenroovers heeft men behaald in Californië. Hier werd de citroen- en sinaasappelcultuur bijna onmogelijk gemaakt door het sterke optreden van een Australische schildluis.

Men had opgemerkt, dat dezelfde schildluis in Australië weinig kwaad deed en schreef dit toe aan den invloed van de larven van een soort lieveheersbeestjes. Deze kevertjes werden nu naar Amerika overgebracht en daar voortgekweekt, vervolgens losgelaten in tal van geteisterde boomgaarden en de schildluisplaag werd bezworen. Hoewel de schildluizen niet geheel zijn uitgeroeid, doen zij toch maar schade van zeer weinig beteekenis.

In de Vereenigde Staten is men sinds ruim 6 jaar bezig met den import van insecten, die den bastaardsatijnvlinder en den plakker (twee vlindersoorten, die uiterst schadelijk zijn voor de ooftteelt) zouden kunnen vernietigen. De staat draagt de kosten. Hoe hoog deze loopen, mag hieruit blijken dat van 1905—1907 300.000 dollar werd bijgedragen en nog hebben de parasieten zich niet voldoende ingeburgerd om de plaag te verminderen. Wel heeft men kunnen constateeren, dat een aantal sluipvliegen, sluipwespen en een keversoort, die de poppen der vlinders eet, zich tamelijk sterk uitgebreid hebben. Men vertrouwt echter in Vereenigde Staten de moeilijkheden wel te boven te komen.

In tropisch Amerika en wel op Hawaii is men gelukkiger geweest met het importeeren van parasieten. Een cicadeachtig insect (Perkinsiella saccharicida) doet hier veel schade aan de suikerrietcultuur. Men trachtte het land van oorsprong van dit insect op te sporen, daar, zooals wij gezien hebben, hier de meeste kans is, het grootste aantal parasieten te vinden. Het bleek in dit geval Australië te zijn, van waar men meer dan honderd parasieten naar Hawaii bracht. De ei-parasieten hebben zich over deze eilanden zoodanig verbreid, dat 85 % van de Perkinsiella-eieren door parasieten verdelgd werden en de plaag dus onbelangrijk is geworden. Ook met den import van een sluipvlieg (Tachine) heeft men op Hawaii succes gehad. Dit diertje parasiteert

op een voor de suikercultuur schadelijken snuitkever (Sphenophorus). Parasieten van dit insect werden op Nieuw-Guinea gevonden en (met een tusschenkweekstation, in Australië, omdat de reis te lang was) naar Hawaii getransporteerd.

Op Sumatra is men nu ook begonnen parasieten in te voeren, uit de tabakslanden der Vereenigde Staten, waar evenals op Sumatra een vlindersoort, Heliothis armigera, veel schade berokkent. In Deli vond men geen belangrijke parasieten van dit insect. Deze parasieten van Heliothis in Amerika zijn ei-parasieten. Het zijn sluipwespjes Trichogamma presiosa, die hun eieren in de eieren der vlinders leggen; er komen dan sluipwespjes in plaats van Heliothisrupsjes uit. Dat het getransporteerde wespje zich in het Delische klimaat thuis voelt, weet men reeds; hoe het zich verder zal ontwikkelen, moet de toekomst leeren. Om steeds parasieten voorradig te hebben, bewaart men in Deli geinfecteerde eieren in „cold storage"

Het is moeilijk te zeggen of de import of het kweeken van parasieten van schadelijke insecten loonend zal blijken. Het hangt er van af of de ingevoerde parasieten zich onder gewijzigde omstandigheden thuis gevoelen en of zij onder die omstandigheden evenveel nadeel aan haar gastheer kunnen betrokkenen als in haar vaderland.

Verder is het mogelijk, dat de parasieten uit haar vaderland zelve weer vijanden, hyperparasieten, meebrengen, die onder de veranderde omstandigheden zich sterk ontwikkelen en de parasiet in haar uitbreiding belemmeren. Een kleine afwijking in de levenswijze van het oorspronkelijke schadelijke insect, in verband met de cultuurwijze van de voedsterplant of het klimaat van het nieuwe land, kan oorzaak zijn, dat de parasieten haar gastheer niet aan kunnen en dus spoedig te gronde gaan. Het gaat hier om den strijd in het bestaan tusschen twee diersoorten. Men geeft nu den parasieten wel een groote kans, door haar sterk te vermenigvuldigen, maar men moet niet vergeten, dat door de steeds grootere uitbreiding van de voedsterplant ook de levensvoorwaarden voor het schadelijke insect steeds gunstiger worden. Trouwens met de vermindering is aantal van den gastheer, gaat ook noodwendig een vermindering van de parasieten gepaard.

Het is zeer moeilijk een juist inzicht te krijgen in dit complex van voorwaarden en het is daarom niet te verwonderen dat de uitkomsten, met het importeeren van „nuttige parasieten" verkregen, dikwijls zoo geheel anders zijn geweest dan men zich had voorgesteld.

Het vernietigen van insecten door andere insecten is hier en daar dus met succes bekroond geworden; de bestrijding van schadelijke dieren door middel van parasitische zwammen of bacteriën heeft nog niet veel practisch nut gehad. Er is een groep van schimmels, die men zeer dikwijls op doode insecten en op hunne poppen heeft aangetroffen en men is wel zeker hier met parasieten te doen te hebben. Het zijn de schimmels van het geslacht *Isaria*, een conidiëndragende zwam, die men als wit of licht rose poeder op de insecten vindt. Soms vereenigen zich deze conidiëndragers tot pluimvormige bundels, zoogenaamde coremiën.

Op engerlingen, die aan de wortels van het suikerriet knagen, heeft men meermalen Isaria infecties gevonden, doch men heeft nooit met de zwam een practisch resultaat bereikt.

Ook met een groene coremiëndragende zwam, Metarhizum anisoplieae, zijn meermalen proeven ter verdelging van insecten genomen, doch zonder resultaat. Men heeft waargenomen, dat soms de schildluizen van de koffie door een witte schimmel, Cephalosporium lecanii aangetast worden.

Ook het inenten van sprinkhanen en van de nonrups met bacteriën heeft nog geen bewijs mogen leveren van de mogelijkheid schadelijke dieren door middel van zwam- of bacterieziekten in hun ontwikkeling te stuiten. Dat zulke epidemische ziekten bij rupsenplagen dikwijls optreden, is boven allen twijfel verheven. Wel heeft men vaak de parasieten geisoleerd, doch de kunstmatige verbreiding daarvan is nog niet mogen gelukken.

BIJZONDERE PLANTENZIEKTENLEER.

Ziekten door plantaardige parasieten veroorzaakt.

I. Ziekten door schimmels veroorzaakt.

Onder de orde der *Wierzwammen* of *Phycomyceten* komt een familie voor, die uitsluitend uit plantenparasieten bestaat er wel die der valsche meeldauwzwammen of *Peronosporen*. Het zijn schimmels, die een teer, wit overtrek over de aangetaste plantendeelen vormen, of binnen in de schors van houtige stammen leven. De draden op zich zelf zijn breed en missen de dwarswanden. Er komt bij de meeste een geslachtelijke, zoowel als een ongeslachtelijke voortplanting voor.

De ontwikkeling van zulk een Peronosporee willen wij nagaan aan de zwam van de bibitziekte van de tabak, Phytophthora Nicotianae. Bred. d. H.

Op de jonge tabakskiemplanten ontwikkelen zich op de stengels en de bladen schimmeldraden, die bij mikroskopisch onderzoek blijken uit de huidmondjes naar buiten te komen. Buitenop de plant vormen de schimmeldraden aan hun top opzwellingen, de reeds vroeger besproken sporangiën, die bij rijpheid afvallen en openbarsten en waaruit dan talrijke bewegelijke sporen, zoogenaamde zwermsporen voor den dag komen.

Deze sporen kunnen op het blad weer kiemen: zij zenden een kiemdraad uit, die door de opperhuid van het blad naar binnen dringt en in staat is de celwanden te doorboren. Het is te begrijpen, dat op deze manier het blad- en stengelweefsel geheel doorgroeid wordt en ten slotte tot rotting overgaat.

De zwermsporen zorgen voor een snelle verspreiding van de zwam. Het zijn echter uiterst teere spoortjes, die geen uitdroging kunnen doorstaan en die voor hare verbreiding water noodig hebben. De Phytophthora heeft echter nog een tweede soort sporen met dikkere

wanden, die in staat zijn droge perioden te doorstaan en daarna weer voor het voortbestaan van de zwam te zorgen. Het zijn de eisporen, welke op geslachtelijken weg ontstaan.

Men vindt dikwijls binnen in het weefsel der tabakbladeren, schimmeldraden, die aan hun topeinde een opzwelling vertoonen. Deze opzwelling is door een dwarswand van den overigen draad gescheiden en vertoont zelf een dikkeren wand dan de draden: het is de eicel of oögonium. Van uit den draad, die het oögonium draagt, groeit een zijtak naar het oögonium toe en legt zich daar tegenaan met een bijna rechthoekig omgebogen uitstulping. Deze gewijzigde zijtak van een hyphe vormt het mannelijke orgaan of antheridium. Ten slotte scheidt het antheridium zich door een zeer dun wandje van den overigen draad af, doorboort den wand van de eicel en stort zijn inhoud daarin over. De eicel is nu na de bevruchting tot oöspore geworden en ligt binnen den dikken oögoniumwand.



Fig. 100.
1. Sporangium van Phytophthora Nicotianae.
2. Oöspore (geslachts-product) van dezelfde schimmel.

De eisporen zijn niet direct kiembaar, doch moeten een rustperiode doormaken. Door haar dikken wand zijn de oösporen beter tegen uitwendige invloeden bestand dan de zwermsporen. De verspreiding van de oösporen is een passieve, in tegenstelling met die van de zwermsporen. Het is nu ook begrijpelijk, dat een eenmaal met Phytophthora besmet kweekbed door de oösporen jaren lang besmet blijft, zoodat er bij nieuwe aanplanten telkens weer infecties optreden.

Wanneer de jonge plantjes eenmaal op het veld zijn overgebracht, treedt er door inwerking van de Phytophthora nog dikwijls stamrot en zieke plekken op de bladen op. In geval van stamrot, doorgroeit het mycelium het basale gedeelte van den stam en doet het merg in vakjes uiteenwijken (kamerig merg). Zulk een stam is slap (lanas) en knakt gemakkelijk op de aangetaste plek om. Op de volwassen bladen

kan de schimmel zich niet zoo sterk meer uitbreiden als op de jonge; zij vormt hier slechts plekken. Het is duidelijk, dat deze infecties dikwijls haar oorsprong vinden in van de kweekbedden meegebrachte sporen.

In de Vorstenlanden treedt de „lanasziekte" sterk op den voorgrond, terwijl zij in Deli zeldzaam is, doch de bibitziekte nogal eens optreedt. Een en ander staat misschien met de zeer verschillende wijze van cultuur in verband. Op de kweekbedden kan de ziekte gemakkelijk door bespuiten met Bordeausche pap bestreden worden, op het veld niet. In de Vorstenlanden is men tot het verbranden van de zieke planten overgegaan. Nauw verwant met deze zwam is die van de *aardappelziekte* (Phytophthora infestans. de Bary) welke ook in Nederlandsch-Indië en wel in den Tenger enorme schade aan het loof van de aardappels berokkent. De bladen zijn bedekt met bruine vlekken, die aan de onderzijde een wit dons vertoonen. Het blad verdroogt spoedig. In Europa wordt ook deze ziekte met Bordeausche pap behandeld.

Ook de schimmel van de cacao- en Heveakanker (Phytophthora Faberi. Maubl.) behoort in deze groep thuis. In de schors van genoemde boomen groeit het mycelium, dat natte, verkleurde plekken doet ontstaan en bij Hevea aanleiding geeft tot sterke, abnormale houtvorming, waardoor de latex-productie en het tappen zeer bemoeilijkt worden. Vooral in een vochtige atmosfeer, in weinig gesnoeide en sterk beschaduwde tuinen, ontwikkelt zich de zwam sterk. De plekken worden dan uitgesneden en met carbolineum bestreken. Buitendien veroorzaakt de zwam nog een vruchtrot (zwartrot) van cacao (mogelijk ook bij Hevea). In de slijmkanalen van de vruchthuid vindt men veelal de eisporen van deze zwam. Dit verschijnsel treedt in O.-I. op den achtergrond, is echter in Kameroen en Z.-Amerika veel meer algemeen.

Onder de *Eumyceten* of *draadzwammen* die zich van de vorige groep wierzwammen onderscheiden, doordat zij sterk gesepteerde draden hebben, komen allereerst voor de *Ascomyceten* of blaasjeszwammen.

De Ascomyceten onderscheiden zich door het voorkomen van kolfvormige sporenblaasjes, die meest acht sporen inhouden. Men noemt zulk een blaasje: ascus. De asci zijn het product van een

bevruchting. Nu komen de asci òf naakt, òf in de meest uiteenloopende vruchtlichaampjes meest van enkele milimeters grootte, voor. De vruchtlichaampjes dragen den naam peritheciën.

Naast deze ascusvruchtjes komt meestal nog een conidiënfructificatie voor. Terwijl de conidiën meest gedurende de geheele vegetatie ontstaan, vormen zich de peritheciën tegen den rusttijd van de zwam. De ascosporen komen vrij door bepaalde openingen in den vruchtwand, of door het vergaan van den laatsten. Het is te begrijpen, dat de ascosporen de resistente vruchtvorm zijn, die dus droogte of koude doorstaan evenals de oöspore bij de Peronosporeeën.

In de gematigde luchtstreek en ook in de sub-tropen zijn de ziekten door Ascomyceten veroorzaakt, legio; in de tropen treden deze ziekten op den achtergrond. In de gematigde luchtstreken komen, vooral in droge streken Ascomyceten voor als oorzaak van uitsterving van takken, en van tak- en stamkankers. Het uitsterven gaat voort van den top van den tak naar den stam toe, terwijl de tak doorgroeid is door het mycelium van de schimmel en soms verkleurt. Deze verschijnselen doen zich voor als de boom watergebrek heeft. Dergelijke verschijnselen zijn in de tropen minder algemeen. Behalve taksterven, veroorzaken Ascomyceten allerlei vlekziekten op stengels en bladen en vruchten en ten slotte roetdauwziekten.

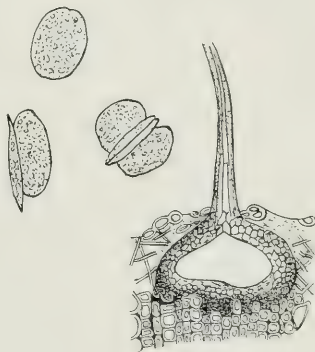


Fig. 101.
Kanker van de koffie (Rostrella coffeae).
1 2 3 Ascosporen met uitgroeisels; 4 Perithecium (ascusvruchtje).

Aansluitend aan deze groep behandelt men meestal de „*fungi imperfecti*" of onvolkomen zwammen, waarvan slechts conidiën bekend zijn en tot nog toe geen hoogere vrucht vormen. Scheidt men de twee groepen scherp, dan worden nauw verwante schimmels van elkaar verwijderd. Onder het geslacht Gloeosporium b.v. komen soorten voor, waarvan de peritheciënvorm bekend is (Glomerella) andere, waarbij dit niet het geval is. Aan het ziektebeeld, wat voor ons doel hoofdzaak is, doet dit echter niets af. Wij zullen hier dus Ascomyceten en onvolkomen zwammen in één groep bespreken.

Taksterven is in de tropen bekend bij Hevea. Het is te wijten aan verschillende schimmels o.a. Thyridaria, die het reeds lang bekende Diplodia sterven veroorzaakt. (Diplodia worden de conidiën genoemd). Op de takken vindt men het zwarte sporenpoeder. Een Diplodia sterven in cacao komt eveneens voor, veroorzaakt door, een verwante schimmel.

Tegenwoordig van zeer weinig belang is de kanker van de koffie (Rostrella coffeae Zimm). De schors van de zieke boomen vertoont uiterlijk bruine plekken, die doorgrijpen tot op het hout. Deze aangetaste deelen zijn met mycelium doorgroeid. Op de schors verschijnen de peritheciën, die van lange halzen voorzien zijn en een vaasvorm hebben. Żeer veel vindt men binnen in de zieke weefsels de donkergekleurde chlamydosporen.

Ook bladvlekziekten zijn in de tropen van minder beteekenis dan in Europa. In de theecultuur komen op Java twee bladvlekkenziekten voor, die soms plaatselijk van eenige beteekenis zijn. Guignardia theae (Rac.). Bern. veroorzaakt het brown blight, bruine vlekken, waarop concentrisch gerangschikt de peritheciën ontstaan. Grijs daarentegen zijn de vlekken door Pestalozzia palmarum. Cke veroorzaakt. Deze zwam is van meer beteekenis op de bladeren van jonge klapperplanten. De zwam is herkenbaar aan de zich in een zwart sporenslijm ontwikkelende conidiën, die van uitsteeksels voorzien zijn. Op de klapper-kweekbedden is het de moeite waard de ziekte met Bordeausche pap te bestrijden. Op oudere Hevea bladen is de schimmel niet van beteekenis.

Zeer algemeen zijn de bladvlekken op aardappelloof in den Preanger, veroorzaakt door een onvolkomen zwam met zwarte conidiën (Macrosporium Solani). De vlekken zijn aan den typisch concentrischen bouw kenbaar, in tegenstelling met die van Phytophthora.

De roode roest van de tabak (Cercospora nicotianae) kan met zijn roodomrande vlekken, die van een wit centrum voorzien zijn, hier en daar het tabaksblad bederven.

Tot hetzelfde geslacht behooren een paar bladvlekzwammen van het suikerriet, C. vaginae. Kr., die de bladscheeden aantast, C. sacchari, die de bladen zelve beschadigt. Peritheciën worden gevormd door Leptosphaeria sacchari, die men als zwarte stipjes op de witte, donker omrande vlekken ziet.

Deze en andere bladvlekkenschimmels worden, als zij epidemisch optreden, schadelijk. Vooral in het vochtige bergland van West-Java kunnen ze in de bibittuinen lastig worden. In zoo'n geval is trassen, een opruimen van de bladeren, de eenige bestrijding.

Een groep van zwammen, die eveneens peritheciën voortbrengen, zijn de *roetdauwzwammen*, die op talrijke cultuurplanten een roetachtig overtrek over de bladen vormen. Men vindt haar daar, waar luizen of schildluizen honigdauw op de bladen hebben achtergelaten. De roetzwammen dringen dan ook niet in het blad door, doch leven van de suikerhoudende, door de bladluizen afgescheiden vochten op het blad. Dit ondervindt schade door de dichte bedekking van zijn weefsel.

De roetdauw van de koffie, Limacinia javanica, vormt behalve peritheciën, enkelvoudige sporen en bolvormige meercellige sporen-lichamen, die direct weer kiembaar zijn.

Talrijk conidiëndragende zwammen zijn er, die vruchten en afgesneden plantendeelen gemakkelijk tot rotting doen overgaan. De bibit van het suikerriet is een uiterst geschikte bodem voor deze schimmels om zich op te ontwikkelen.

De *ananasziekte* van het suikerriet wordt veroorzaakt door een dergelijke onvolkomen zwam: Thielaviopsis ethaceticus. Went. De stekken van het riet, niet de volwassen plant, lijden zeer dikwijls aan een schimmelziekte, waarbij het centrum van het merg zwart en de rest van het weefsel rood verkleurt. De schimmel veroorzaakt eerst een roode, dan een zwarte verkleuring, en doet het suikerriet een eigenaardigen ananasgeur verspreiden: van daar de naam ananasziekte. In de zieke deelen vindt men kleurlooze hyphen, die twee soorten van donkergekleurde sporen afscheiden, welke men micro- en macroconidiën noemt. Zij zijn zeer eenvoudig gebouwd. Daar op onverwonde stengels de ziekte niet optreedt, moeten wij Thielaviopsis tot de wondparasieten rekenen.

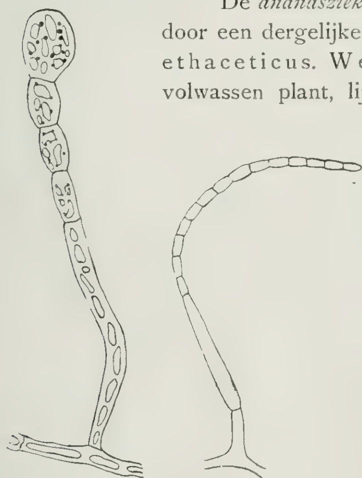


Fig. 102.
Ananasziekte van het suikerriet.
1 Macroconidiën; 2 Microconidiën.

Eveneens tot de „onvolkomen zwammen" behoort de schimmel van het *Rood snot*, Colletotrichum falcatum. Went, die zooals de vorige, tot de wondparasieten van het suikerriet mag worden gerekend. De rietstengels vertoonen binnen in een helderroode verkleuring met witte vlekken in het midden, terwijl de stengelperipherie onaangetast blijft. In de witte vlekken vindt men de schimmeldraden, terwijl de daaromheen gelegen roode plekken een verkleuring en verandering van het weefsel toonen, als gevolg van een vergiftiging door de zwam.

Het zwamweefsel in de witte vlekken vormt chlamydosporen, terwijl zich, als men een rietstengel doorsnijdt en uit laat drogen, zich conidiën vormen, die tusschen stijve, zwarte haren zijn geplaatst. Om deze beide ziekten te bestrijden wordt de bibit aan de sneevlakte met kopervitriool of teer behandeld.

Er blijft nog een groep van onvolkomen bekende schimmels over, die allen hierin overeenkomen dat zij sklerotiën vormen. In de gematigde luchtstreken is het in de meeste gevallen bekend, dat zij tot de Ascomyceten behooren. Van de twee soorten, die in Nederlandsch-Indië als schadelijk bekend zijn weten wij niets af. Wij kennen niet eens een conidiënvorm. Van één is het zelfs waarschijnlijk, dat zij tot de volgende groep (Basidiomyceten) behoort.

De *Sklerotiën-zwammen* blijven dus in tijden van droogte, of als de voedsterplanten ontbreken, als kleine sklerotiën achter. Bij de djamoer oepas van het suikerriet, vinden wij deze op de bladen. De schimmeldraden, die het blad aantasten, doen hierop typische, scherp omschreven, uitgebreide vlekken ontstaan. De sklerotiën van het zuur rot, die aan de bladscheeden van het riet te vinden zijn, zijn oranje van kleur. De aangetaste deelen verspreiden een eigenaardigen zuren geur. Sclerotium Rolfsii, die plantenziekten van talrijke gewassen vormt, zal waarschijnlijk tot de Hymenomyceten gerekend moeten worden, omdat het mycelium typische gespcellen vormt en ook de geur van de zwam volkomen identiek is aan dien van de myceliën van onze hoedchampignons. Het veervormig uitgebreide mycelium en de typische kleine bruine sklerotiën vindt men aan den wortelhals als oorzaak van het verwelken en afsterven van tabaksplanten, tomaten, vanielje, allerlei Leguminosen, een groot aantal sierplanten, terwijl ook het roodrot van het suikerriet aan dezelfde schimmel zijn ontstaan

te danken heeft. Mogelijk is ook rijst er aan onderhevig. De zwam is een tropische en subtropische (V. S.) alleseter, die zeer veel schade kan berokkenen. Er zijn feiten bekend, die er op wijzen, dat er biologische rassen bestaan, doch hoe ver deze strekken is nog niet uitgemaakt. Als parasiet, die uitsluitend in den bodem leeft, is zij moeilijk te bestrijden.

Basidiomyceten. Deze groep omvat zeer uiteenloopende zwammen, die hierin overeenkomen, dat zij sporen voortbrengen, die ten getale van vier, elk op een steeltje, op een opgezwollen gedeelte van een myceeldraad staan, de zoogenaamde *basidië.* (Zie fig. 103). Deze draagt dus vier basidiosporen. Bij twee bekende groepen van de plantenparasieten onder de Basidiomyceten, de brand- en de roestzwammen, komen de sporen niet in viertal voor, doch staan in onbeperkt aantal eindelings en zijdelings op de, hier meercellige, basidië. Een nadere onderscheiding van deze niet scherp omschreven basidiënvormen is voor ons doel van geen belang. Voor het mycelium der Basidiomyceten zijn de zoogenaamde „ankercellen" of „gespcellen" kenmerkend.

De groote groep met de ware basidiën wordt gevormd door de hoedchampignons en de zwammen, die als korsten op de boomen voorkomen. De basidiën staan in een bepaalde laag, aan de onderzijde van den hoed. Bij de korstvormen bedekt deze basidiënlaag de korst aan den buitenkant.

De *Ustilagineeën* of brandzwammen zijn, evenals de roestzwammen, bij uitstek plantenparasieten. Terwijl de Uredineeën roestkleurige plekjes vormen, doen zich de brandzwammen als zwarte of donkerbruine massa's voor. De sporen zijn donker gekleurd en verstuiven zeer gemakkelijk.

Als voorbeeld willen wij hier nemen den builenbrand van de maïs, Ustilago Mayidis (de C.) Corda. Op de kolven van de maïs ziet men somtijds zakvormige uitgroeisels van een teer weefsel, dat bij openbarsting een zwarte sporenmassa, de brandsporen, naar buiten laat ontsnappen. Niet alleen op de kolven, doch ook op de stengels, bladen en bloemen vindt men deze builen.

De vrijgeworden brandsporen nu kiemen op den grond en snoeren kleine zijsporen aan den kiemdraad af; de dragers van deze sporen zijn nog eenvoudiger gebouwd dan die van de roestzwammen. De kleine sporidiën kunnen na hare kieming jonge maïsplanten of groeiende

deelen van andere planten infecteeren, wanneer zij in de nabijheid daarvan of erop te land komen. Op de groeiende deelen gaat een sterke prikkel van de zwam uit, waardoor sterke hypertrophiën ontstaan. De cellen deelen zich abnormaal sterk, terwijl zij ook allerlei afwijkende vormen aannemen en daardoor ontstaan uitgroeisels van zeer zacht weefsel, waarbinnen de zwamdraden de groote massa's brandsporen vormen. Deze sporen ontstaan op zeer eenvoudige wijze, namelijk, doordat het mycelium in zijn cellen uiteenvalt en deze stukjes zich afronden. Opmerkelijk is het, dat de brandsporen niet parasitisch behoeven voort te leven. Zij zijn in staat zich in suikerrijke vloeistoffen te vermenigvuldigen, precies als de gisten dat doen.

Hoewel de levensgeschiedenis van deze zwammen niet zoo gecompliceerd is als van sommige roestzwammen, vinden wij toch ook hier twee soorten sporen; de sporidiën, die overeenkomen met de basidiosporen der roestzwammen, en die evenals deze op de vergane plantendeelen of op den grond kiemen, en de brandsporen, die uit het parasitisch gegroeide mycelium ontstaan en die zelf niet direct in staat zijn de voedsterplant te infecteeren.

Niet alle brandzwammen zijn oorzaak van dergelijke hypertropische ontwikkelingen, als bij de maïs ontstaan. De brand, die nu en dan in het suikerriet voorkomt (Ustilago sacchari. Rabenhorst) vertoont deze niet. Men vindt de zwarte brandsporenmassa's, die in kluitjes verbonden zijn, op uiteinden van de jonge stengels.



Fig. 103.
Sporenballetjes (brandsporen) van suikerrietbrand (Ustilago sacchari).

Zeer veel schade doen de brandzwammen aan de graansoorten der gematigde luchtstreken. Gelukkig is de rijstbrand (Tilletia horrida) op Java en Sumatra van geen beteekenis.

De *Uredineeën* of roestzwammen zijn schimmels, die haar naam aan de oranjekleur der sporen te danken hebben. Het zijn bovendien zwammen, bij welke verschillende soorten van sporen voorkomen.

De meest bekende roestzwam onder de tropenbewoners is wel de zwam van de koffiebladziekte, Hemileia vastatrix B. et Br., maar, daar de ontwikkeling van deze roest onvolledig bekend is, willen wij eerst de ontwikkeling van een Europeesche soort nagaan en wel van de graanroest, *Puccinia graminis*.

In de maand Juni vindt men op tal van graansoorten zeer dikwijls

roestroode plekken op de bladeren, stengels en aren. Deze plekken geven een rood poeder af, de sporen. Zij zijn oranje gekleurd, hebben een stekelige oppervlakte, en worden uredosporen of zomersporen genoemd. Tegen den oogsttijd vindt men niet meer deze sporen, doch andere, donkerder roodbruin gekleurde hoopjes op de bladeren, de zoogenaamde winter- of teleutosporen, die dikkere wanden hebben. Deze blijven den winter over met de doode plantendeelen op het land liggen en kiemen in het voorjaar tot zoogenaamde basidiën, mikroskopische zwamdraadjes, die zeer kleine spoortjes afsnoeren. Deze basidiosporen nu, moeten op een andere voedsterplant kiemen om naar verdere ontwikkeling door te maken en wel op de berberis, een heester. Op de bladen van de berberis kiemen de sporen; zij dringen naar binnen en vormen aan den onderkant van het blad de zoogenaamde aecidiën of bekertjes, kleine roestroode bekervormige lichaampjes, waarin de bekersporen ontstaan. Eerst deze bekersporen zijn het, die weer het graan infecteeren kunnen.

Om haar geheelen ontwikkelingscyclus te doorloopen, heeft de zwam dus twee voedsterplanten noodig, de berberis voor de bekersporen en een graanplant voor de zomer- en wintersporen. Toen deze „verhuizing" van de roestzwammen ontdekt was, meende men ze dus op een zeer eenvoudige manier te kunnen bestrijden en wel door de eene voedsterplant uit de nabijheid van de andere te houden. Men heeft echter later ontdekt, dat ook in streken, waar de berberis ontbrak, de graanroest welig parasiteerde.

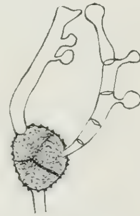


Fig. 104.
Kiemende teleutosporen met basidiosporen.

De ontwikkeling moet dus dan in verkorten vorm geschieden, doch hoe zij dan precies verloopt, is niet bekend. Niet alleen voor de graanroest, maar ook voor andere soorten is het gebleken, dat zij zich soms zonder de bekervruchtjes kunnen ontwikkelen.

De roestvlekken van de koffiebladziekte, bestaan uit de uredosporen, die aan de onderzijde van het blad in hoopjes van 3 m.M. doorsnede te voorschijn komen. De sporen zijn oranjegeel. Zooals de meeste uredosporen zijn zij met wratjes bedekt, terwijl bij deze soort echter het onderste deel van de niervormige spore glad is. Deze sporen kunnen direct weer kiemen, wanneer zij door den wind

op gezonde bladen verbreid worden en wanneer men bedenkt, dat er ongeveer 150.000 op één blad kunnen voorkomen, dan laat het zich begrijpen, dat de ziekte zich snel verbreidt. Het bladweefsel is geheel met het mycelium van de zwam doortrokken en verkleurd. De hoopjes uredosporen vertoonen zich in het begin van de natte periode.

Later in den tijd vormen zich andere sporen, die geheel glad zijn, de teleutosporen. Zij ontstaan dikwijls midden in de uredohoopjes. Evenals bij de graanroest heeft men bij de teleutosporen van de bladziekte de ontkieming tot een basidië waargenomen, doch van de verdere ontwikkeling van de sporen, die hiervan ontstaan, weet men niets. Men heeft de kieming ervan nooit waargenomen. Een andere voedsterplant, waarnaar de koffieroest verhuist, kent men niet; men kent slechts de twee soorten sporen op de koffie. Het zou natuurlijk wel van practisch belang zijn te weten of er geen andere voedsterplant voorkomt, waarnaar de basidiosporen verhuizen.

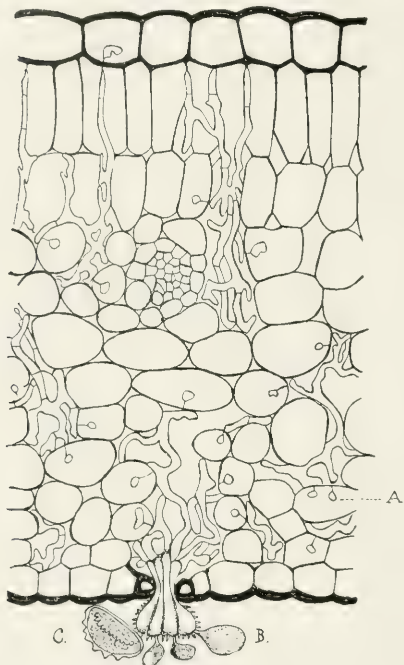


Fig. 105.

Doorsnede van een koffieblad, waarin de schimmel van de koffiebladziekte (Hemileia vastatrix).

A haustoriën (zuigorganen); *B* jonge uredospore; *C* rijpe uredosporen.

De sporendrager komt uit een huidmondje aan de onderzijde van het blad te voorschijn.

Nu men echter weet, dat de roesten niet den geheelen cyclus behoeven door te maken, heeft deze kwestie aan belangrijkheid verloren. Men weet bovendien, dat er zwammen zijn, zooals de roest van de Malva, die alleen teleutosporen voortbrengen, en die steeds op één voedsterplant leven.

Van veel minder belang is de roest op het suikerriet. In de

gematigde streken komen talrijke, soms zeer schadelijke roesten voor, waaronder wij de perenroest en de rozenroest noemen.

Een andere familie der Basidiomyceten, die plantenparasieten bevat, is die der *Telephoreën.*

Op koffie, thee, cacao, kina, ananassoorten, nootmuskaat, hevea, en talrijke andere tropische planten komt een ziekte van den stam en takken voor, die „djamoer oepas" genoemd wordt en veroorzaakt wordt door Corticium javanicum. Zimm. Meestal doet de schimmel zich voor als witte of lichtrose korsten op de takken, soms ook op vruchten. Soms treden op stam en takken echter ook barstjes op, in welke zich steenroode, wasachtige, zachte zwamweefselhoopjes bevinden, die ± 2.25 m.M. in doorsneê worden. Bovendien vindt men dikwijls nog een wit, spinnewebachtig mycelium op de takken, waarvan de draden kluwens kunnen gaan vormen, zoodat er knobbels ontstaan.

In de lichtrose Corticiumkorsten vindt men de basidiosporen, zooals boven beschreven werd, vier in getal op kleine steeltjes. De schimmel maakt nog een anderen sporenvorm, eenvoudige conidiën, die de kleine steenroode massa's in de barsten vormen. Men heeft langen tijd den samenhang van deze conidiën met de Corticiumkorsten niet gekend, zoodat de conidiënhoopjes onder den naam van Necator decretus als een aparte ziekte beschreven werden.

Door het woekeren van de schimmel in den stam en takken verliezen de bladeren hun normale kleur en vallen af. De snelle vorderingen, die de parasiet maakt, worden zeer door groote vochtigheid in de hand gewerkt.

De djamoer oepasschimmel van talrijke verschillende voedsterplanten kan wel op andere voedsterplanten overgaan. Zoo heeft men met djamoer oepas van koffie, kina kunnen infecteeren. Wanneer men echter de koffieschimmel, de kinaschimmel en de heveaschimmel op kunstmatige voedingsbodems kweekt, dan blijken er verschillen in groei, kleur en vorm te bestaan, waardoor men aan moet nemen, dat er verschillende „biologische rassen" van Corticium bestaan, die bepaalde kenmerken bezitten, al naar de voedsterplant, waarop zij voorkomen.

In hoeverre het bestaan van dergelijke rassen voor de practijk van belang is, is vroeger uitvoeriger behandeld.

Ten slotte omvat de familie der *Hymenomyceten* nog enkele, die van belang zijn als ziekteverwekkers. In het algemeen omvat zij de bekende hoedchampignons of paddestoelen. Zulk een zwammetje is de

Marasmius sacchari. Wakker, die de dongkellanziekte van het riet veroorzaakt.

Het mycelium van deze zwam doet de suikerrietbibit tot rotting overgaan, en tast bij oudere planten het ondergrondsche stengelgedeelte aan, dat zij doorgroeit. De plant gaat dan verschijnselen van verdroging vertoonen en het rietsap gaat in samenstelling achteruit. Het plotseling sterven van oudere rietplanten is aan deze schimmel te wijten. Op de afgestorven rietstengels of in den bodem vormt het mycelium de Marasmius-hoedjes, welke de sporen voortbrengen en de ziekte verspreiden.

Tot deze groep behooren ook de *wortelschimmels*, die het meest bekend zijn in den vorm van witte, grijze of zwarte myceliën, welke zich op de wortels van talrijke cultuurplanten ontwikkelen. De schimmeldraden verwoesten het wortelweefsel, wat ten gevolge heeft dat de boom watergebrek krijgt, de bladeren slap laat hangen en ten slotte bezwijkt. Behalve op wortels van boomen en struiken als koffie, cacao, kina, thee, rubber, komen de veervormig vertakte myceliën ook op aardappelen voor.

De vruchtlichamen, die bij sommigen bekend zijn, zijn consolevormige hoeden, die aan den onderkant een laag van buisjes dragen, waarin zich de sporen bevinden.

De bron van infectie zijn altijd oude oerboschstompen en stukken hout, die in den grond liggen te vergaan en met deze myceliën bedekt zijn. Om deze reden komt het kwaad ook voornamelijk op maagdelijken grond voor. Men moet echter zorgen, dat aan de uitbreiding van deze schimmels direct paal en perk gesteld wordt, door greppels langs de geïnfecteerde plekken te graven en de plek van den uitgegraven stomp te kalken; anders verbreiden zich de wortelschimmels door den geheelen aanplant. Ook moet het oude hout zorgvuldig opgeruimd worden.

Tamelijk schadelijk is in de jonge rubberaanplanten de Fomes semitostus. Berk. In deze cultuur kan men boomen nog genezen, door de zieke schors van de wortels af te krabben, den wortel met carbolineum te bestrijken en het gat met zuivere aarde te vullen.

Waarschijnlijk is de witte wortelschimmel van thee dezelfde, mogelijk hooren ook die van kina, koffie, cacao, coca, Grevillea, enz. hiertoe.

Minder gevaarlijk, daar zij zich langzamer verbreidt, is de *bruine wortelschimmel* (Hymenochaete noxia. Berk.). Zij vormt bruine

schimmelkorsten op wortels van Hevea en koffie. Verder zijn er nog grijze wortelschimmels bekend (kina), waarvan men de vruchten niet kent.

Een groot aantal Hymenomyceten, tot de lamellen- en buisjeszwammen behoorend, zijn in de gematigde luchtstreek als parasieten van boomstammen bekend, waarvan zij het hout aantasten en murw doen worden, zoodat deze bij storm omwaaien. Dergelijke beschadigingen treden in de tropen op den achtergrond.

In aansluiting over de behandeling van de parasitische schimmels, moet nog een geval van parasitisme door een *wier* behandeld worden.

Draadvormige wieren zijn even eenvoudig gebouwd als schimmels. Zij, bestaan eveneens uit draden, die echter in tegenstelling met het schimmelmycelium chlorophylkorrels bevatten en dus groen gekleurd zijn. Bij het wiertje, dat op Java parasitisch voorkomt, wordt echter de groene kleurstof bedekt door oranje kleurstofkorrels, zoodat de draden een bruinachtig uitzien krijgen.

De ziekte, door deze wiersoort, Cephaleuros virescens. Kunze veroorzaakt, wordt in de theecultuur met den naam van „roode roest" bestempeld. Zoolang zij kleine vlekjes op de bladeren vormt, doet zij weinig schade: gaat het wier echter op de takken over, dan kan het groote complexen doen afsterven.

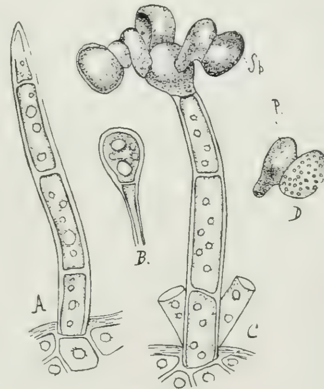


Fig. 106.
Cephaleuros virescens.
A steriele draad; *B* jonge vruchtdraad; *C* sporangiëndragende draad (sp.); *D* rijp sporangium.

Van minder belang is het in de koffiecultuur. Op de koffiebladen vormt het soms een overtrek, waardoor de bladeren verstikken en afvallen. In de theecultuur is het verschijnsel meest beperkt tot onverzorgde aanplanten van minder gunstige typen.

Buiten op het blad- en besweefsel worden de voortplantingsorganen gevormd, n.l. sporangiën, zooals wij ze bij de schimmels hebben leeren kennen. In deze blaasjes worden de sporen gevormd, die elk voorzien zijn van twee trilharen, waarmede zij in water kunnen rondzwemmen.

II. Ziekten door bacteriën veroorzaakt.

In de inleiding hebben wij reeds gezien, dat het aantal bacteriënziekten, dat in de tropen voorkomt, niet groot is. Voor een klein deel, zal het wel hieraan te wijten zijn, dat niet alle, die voorkomen, bekend zijn.

Twee ziekten, zijn er nochtans, die van veel beteekenis en tamelijk goed bekend zijn.

De slijmziekte van de tabak, veroorzaakt door Bacillus solanacearum. Smith is een typische vaatziekte. De bacteriën leven in de vaten, waardoor deze verstoppen en het verwelken van de plant ten gevolge hebben. Trekt men een blad van een slijmzieke plant af, dan blijkt uit de zwarte verkleuring van de vaten, dat deze met bacteriën bezet zijn. In een verder stadium gaan de aangetaste deelen onder sterke verslijming te gronde.

Bij de te velde staande tabak kunnen de bacteriën op verschillende wijzen binnendringen. 1⁰. Door de wortels. Het is begrijpelijk, dat bij het verplanten van de tabak, waarbij altijd de wortels verwond worden, gemakkelijk bacteriën uit den grond naar binnen kunnen dringen, 2⁰. door stamwonden, 3⁰ door de bladen. Dikwijls vindt men verkleuring van de vaten van het blad uit tot in den stam verloopen, zonder dat er verband met de stambasis of de wortels is. Ook de bibit wordt reeds aangetast.

De bladen hebben in dit geval zwart gekleurde nerven. Veelal gaat de infectie dus van de kweekbedden mee naar het veld over. De bacteriën leven naar alle waarschijnlijkheid in den grond, waardoor men ze moeilijk kan vernietigen. Wel wordt het gietwater, dat in putten in het veld verzameld is, ontsmet met kaliumpermanganaat. Op Sumatra's O.K. worden de bacterie in de braakjaren in stand gehouden op allerlei onkruiden in de wildernis. Op Java komen zij zelden voor.

De gomziekte van het suikerriet is eveneens een door bacteriën veroorzaakte vaatziekte. (Bacterium vascularum. Cobb.). Terwijl bij de tabaksziekte door de bacteriën slijmmassa's worden gevormd, geven de hier in aanmerking komende bacteriën aanleiding tot gomvorming in de vaatwanden. De bacteriën zijn ook hier weer tot de vaten beperkt. Deze zijn rood verkleurd, alsook het vegetatiepunt.

Om de vaten heen is het weefsel door afscheidingen van de bacteriën gedood en verkleurd, soms van holten voorzien. De bacteriën dringen hier ook door de wortels naar binnen. Daar suikerriet niet als tabak verplant wordt, is het gevaar van infectie bij het riet veel kleiner. Bij maalriet zijn de vaten alleen aan den top doorloopend verkleurd; in het onderste gedeelte alleen in de knoopen. Hier treedt dan dikwijls sterke gomvorming op. De oogen van aangetast riet loopen wel uit, doch sterven binnen korten tijd af.

Wordt een rietplant jong geïnfecteerd, dan sterft meestal de moederstok zoowel als de uitloopers. Bij maalriet komen gezonde naast zieke stokken aan een stoel voor.

De gomziekte komt begrijpelijkerwijze op die plaatsen voor, waar de wortels door droogte of slechte drainage geleden hebben, vooral op lichte, uitdrogende gronden. De ziekte gaat niet van de bibit uit, zoodat deze hierop niet uitgezocht behoeft te worden.

Verwelkingsziekten, berustende op de aantasting van *vaatbacteriën*, komen bij verschillende Leguminosen voor. Vooral de aardnootjes (Arachis) hebben hiervan dikwijls te lijden.

Bacteriën, die bladvlekken veroorzaken, worden in de tabak gevonden. De „zwarte roest" in de bladeren is hiervan een voorbeeld. De inwerking van de bacteriën op het blad blijft tot het verwoesten van plekjes bladweefsel beperkt.

Plagen door dierlijke parasieten veroorzaakt.

I. Insecten.

Kevers of Coleopteren. Kevers zijn kenbaar aan de schildvormige voorste vleugels. De larven zijn rolronde, lichtgekleurde dieren, die meestal 3 paar borstpooten hebben, of soms ook pootloos zijn. Onder de kevers zijn het hout- en schorsboorders, schorskevers, bladvreters en oerets of engerlingen, die in den grond leven, welke als plantenbeschadigers optreden.

In het algemeen zijn boorders, die het harde kernhout aantasten, kevers en hun larven, terwijl daar, waar zachtere mergdeelen verwerkt worden, vlinderlarven de schuldigen zijn (rijst, riet). Zoo de laatsten al in het hout voorkomen, dan leven zij niet in den hoofdstam (tenzij deze zeer jong is), maar in de zijtakken (Zeuzera boorder.) Ook voor de keverboorders bestaat de bestrijding in het vernietigen zoowel van volwassen dieren, als van larven.

In de Europeesche cultures is gedurig groote schade in de houtige gewassen aan boorderkevers te wijten: nog grooter is echter hun beteekenis voor de tropische cultures. Op cacao zijn het voornamelijk de Glenea, Monohammus en Pelargoderus boorders, die alle uitvoeriger in het hoofdstuk over cacao behandeld worden. Allen behooren tot de familie der boktorren. Hetzelfde kan gezegd worden van de voornaamste Ficusboorders; soorten van Batocera, Epepeotes en Dihammus leven als larven in de stammen, terwijl de snuitkever (Aclees) de takken bewoont. Het is gebleken, dat de boorderwijfjes het liefst haar eieren in geveld hout en stamstompen leggen, zoodat deze als de broeinesten moeten beschouwd worden. In den Oostmoesson maken de boorders een droogteslaap door: zij verpoppen en komen spoedig uit na de eerste regens. Dan moeten de volwassen dieren in grooten getale gevangen worden.

Door afgekapt hout als vangplant te gebruiken en op den juisten

tijd te verbranden (vóór de regens invallen) kan men duizenden larven vernietigen. Ook kan men de boomen met verschillende stoffen bestrijken, die door de dieren geschuwd worden, zoodat zij dan hun eieren niet op den stam leggen. In geval van cacaoboorders bestrijkt men de stammen wel met kalk. Bij Ficus is als meest doeltreffende maatregel gebleken, de tapwonden met 50 % carbolineum te bestrijken, nadat de eieren gelegd zijn. Op deze wijze worden eieren en jonge larven gedood.

Onder de schorskevers is het voornamelijk de boeboek (Xyleborus coffeae. Wurth), die schadelijk is, en wel voor de koffiecultuur. De kever met zijn typischen breeden kop maakt kleine kamertjes in de koffietakken (fig. 92). Het wijfje maakt daarin van houtzaagsel, een soort nestje, waarin zij haar eieren legt. De wanden van de kamertjes zijn begroeid met schimmels (zoogenaamde Ambrosia). Deze eigenaardigheid vindt men ook bij schorskevers in gematigde luchtstreken. „Boeboek" wordt ook aangetroffen in suikerriet.

In den stam van de voedsterplant leven ook nog de klappertorren, de snuitkever (Rhynchophorus ferrugineus) en de neushoornkever (Oryctes rhinoceros). Het snuitkeverwijfje legt haar ei op wonden aan den stam: de larven boren dezen uit. Bij den neushoornkever bijt het wijfje een gat bij de aanhechtingsplaats van het blad, om zich overdag in te verschuilen. De bladerkroon, als gevolg hiervan, gaat slap hangen.

De larve van den snuitkever en de klappertor zelve worden door de inlanders met een haakje uit de stammen gehaald. De larve van de klappertor, die in afvalhoopen leeft, kan men in expres daartoe aangelegde hoopen, die op bepaalde tijden verbrand worden, vernietigen.

Onder de bladvretende kevers, noemen wij het Lieveheersbeestje van den aardappel e.a. nachtschadegewassen (Epilachne territa), waarvan zoowel de larve als de kever gaten in het aardappelloof maken. In het algemeen zijn de overige Lieveheersbeestjes zeer nuttig, doordat de larven zich met luizen voeden.

Ook in de suikerrietcultuur zijn zij niet zonder belang (Apogonia).

Opatrum depressum knaagt aan jonge tabaksplantjes (in Deli vooral op de hooger gelegen ondernemingen) en aan jonge suikerrietspruiten.

Ten slotte moeten nog de oerets of engerlingen besproken worden, larven van bladsprietige kevers, welke in den grond leven

en plantenwortels afknagen. Vooral in de cassavecultures hebben zij groote verwoestingen aangericht en met name daar, waar de cassavebouw als „Europeesche" cultuur gedurende jaren achtereen op denzelfden grond gedreven is. Buitendien waren deze gronden veelal vroeger koffietuinen, waarin de oerets reeds geducht huishielden.

De oerets zijn groote kleurlooze larven, behoorende tot verschillende geslachten van kevers, waarvan Leucopholis rorida F. en Lepidiota stigma. Fab. de voornaamste zijn. De dieren vreten de haarwortels af en tasten dan de zetmeelhoudende wortelopzwellingen aan. Het gevolg is, dat de planten slap gaan hangen en ontworteld worden.

De eieren, oerets en poppen, die alle in den grond leven, kunnen niet door diepe grondbewerking vernietigd worden. Wel kunnen de oerets door contactgiften (zwavelkoolstof) gedood worden. Deze behandeling, die plant voor plant moet worden toegepast, is echter te duur gebleken. Maagvergiften hebben geen uitwerking, terwijl het lokken met lombok (Spaansche peper), welk middel reeds lang door de bevolking werd toegepast, alleen het wegvangen van de mannetjes ten gevolge heeft. Het afwisselen van de cassavecultuur met agave is het meest doeltreffend, daar hierop de engerlingen niet overgaan. Op een groot aantal andere cultuurplanten gaan zij wel over.

In schuren en balen leven ook verschillende keverlarven, zooals de rijstklander (Calandra) en de „tabaksworm" (Lasioderma).

De rijstklanderlarve (die pootloos is en op een vliegelarve lijkt) boort de rijstkorrels uit, zoodat er niets dan wat boormeel overblijft. Ontsmetten en reinigen van de schuren, het dichtstrijken van de naden met kalk en goed luchten werken de ontwikkeling van het insect, dat slechts 4 weken voor zijn geheelen levenscyclus noodig heeft, tegen.

Lasioderma leeft als larve en volwassen dier in de tabaksbladen en vernielt deze in de schuren en bij het transport, zoodat schoonhouden van de schuren en ontsmetten van het pakmateriaal met zwavelkoolstof gewenscht is.

Vlinders of Lepidopteren. De volwassen insecten uit deze groep doen geen schade. Daarentegen des te meer de larven, in het algemeen rupsen genoemd. Deze bezitten aan de voorste lichaamsringen 3 paar borstpooten en aan de meer naar achteren gelegen lichaamsringen

nooit meer dan vier paar buikpooten. Zij maken een popstadium door, met of zonder cocon.

De levenswijze van de rupsen is een zeer verschillende. Men vindt haar als *boorders* in takken en stammen of stengels van kruidachtige planten; als bladvreters op zeer uiteenloopende gewassen, of ook wel gangen gravend in het vleesch of de schil van allerlei vruchten.

Onder de beschadigers van planten nemen zij in onzen Archipel een voorname plaats in. De boorders van rijst, riet, cacao en koffie [1]), behooren tot de meest gevreesde vijanden. Bij de bestrijding kan men zoowel de larven als het volwassen dier probeeren te verdelgen, de vlinders door middel van vanglampen, de rupsen door vernietiging van de plantendeelen, waarin zij leven.

De levenswijze van de rijstboorders is in de laatste jaren uitvoerig onderzocht. Zij behooren tot de familie der *Lichtmotten* (Schoenobius, Scirpophaga en Chilo, respectievelijk gestippelde, witte en gestreepte rijstboorder) en *Uiltjes* (Sesamia, paarse boorder). De rupsen knagen in den stengel en beletten de aar zich normaal te ontwikkelen. Bij de rijst loont het uittrekken van de met boorders bezette plantjes, of ook het zoeken van de eierhoopjes, die buitenop de plant gelegd worden. Tevens kan men door het afbranden van de stoppelmassa's poppen vernietigen. Het vangen van de vlindertjes door middel van lichtvangkooien, met zwak, diffuus petroleumlicht, moet hoofdzakelijk bij de kweekbedden geschieden. In ouderen, sterk aangetasten aanplant is het ondoenlijk gebleken.

De *rietboorders* leven in het merg van den suikerrietstengel. De topboorders (Scirpophaga, de witte, Chilo, de gele) de stengelboorder (Diatraea) en de grauwe boorder (Grapholita) hebben elk een eigen wijze van het riet aan te tasten, die in het artikel over suikercultuur uitvoerig beschreven worden. Evenals bij de rijst geldt het hier het riet na den oogst volkomen uit den grond te halen, zoodat spruiten met larven en poppen vernietigd worden.

Besmetting uit oude riettuinen en verwilderd riet is zeer algemeen, terwijl de rupsen ook veelvuldig met de bibit meekomen. De vangproeven met lantaarns hebben in de suikerrietcultuur nog geen succes gehad. Wel heeft het afzoeken van de riettuinen naar eihoopjes

[1]) Zie ook onder Kevers.

op de bladeren, evenals bij de rijst, succes, terwijl het uitsnijden van de boorderspruiten, mits zorgvuldig doorgevoerd, tamelijk veel wordt toegepast. Bij het riet behoeft niet, als bij de rijst, de geheele plant verwijderd te worden.

De *takboorders* zijn voor verschillende cultuurplanten van veel belang. In tegenstelling met de boorders, die tot de groep van de kevers behooren, leven zij in het hout van de dunne zijtakken. Het hout van den hoofdstam is voor deze dieren, die niet den zeer harden kop en de kaken der keverlarven bezitten, te hard. Koffie en cacao hebben van de Zeuzeraboorder te lijden (Zeuzera coffeae. Zehntner). De aangetaste twijgen zijn aan het slaphangen van het loof te herkennen. Bij Robusta koffie worden nogal eens de jonge stammetjes aangetast. Daar, waar de ringvormige gang van deze boorders vlak onder de schors loopt, breekt het stammetje bij wind door. Van den randoeboorder, die in de wilde kapok zooveel voorkomt en die in den bast een gedekte galerij graaft (het dak bestaat uit een samenspinsel van geknaagd hout en excrementen) is de vlinder niet bekend. Dergelijke uitwendig verloopende boorgangen kan men met teer dichtsmeren en de rups beletten uit te komen, terwijl door Zeuzera aangetaste takken uitgesneden worden.

Overeenkomend met die der boorders is de levenswijze van de mot Lita Solanella, die een opzwelling in de tabakstengels veroorzaakt (toah-toh) en het merg vernielt. Men vindt deze beschadigingen steeds in de verwilderde tabak in de rimboe, van waaruit de jonge tabak steeds weer met dit dier behept wordt.

Als zeer schadelijk onder de bladvreters, die dus zich met bladen voeden, moeten allereerst de tabaksrupsen (Prodenia en Heliothis) genoemd worden. Deze motrupsen vernielen zoowel bibit als veldtabak. De eitjes en jonge rupsjes worden op Java door kinderen weggezocht, welk werk op Deli bezwaarlijk kan worden toegepast. De diertjes kunnen zich ook op andere voedsterplanten ontwikkelen, en wel op maïs, en sommige Leguminosen. De uitgebreide maïsaanplanten in het Djembersche hebben er stellig toe meegewerkt de Heliothisplaag te verminderen. In Deli is men tot directe vernietiging in het groot door insecticiden (Schweinfurther groen en of loodacetaat (zie insecticiden) overgegaan. Heliothis is hierdoor beter te vernietigen dan Prodenia, die door afzoeken meer afdoende wordt opgeruimd. Protoparce convolvuli, die ook de Obi tjina aantast, wordt op Sumatra's Oost Kust

nog wel eens schadelijk en wordt, evenals Botys, de inspinrups, door de arsenicumbehandeling medeverdelgd.

Verder zijn *bladvretende rupsen* in de rijst van belang (Scirphis, Psalis, Melanitis). Een motrupsje, dat opvalt door de eigenaardige levenswijze, is dat van Nymphula stagnalis, de waterrups en oorzaak van de omo poetih in de rijst. Dit diertje kan zich door het water van de eene rijstplant naar de andere begeven, doordat het als kieuwen fungeerende haarbundels op het lichaam heeft. Het leeft dan ook in een met water gevuld kokertje, dat uit een rijstblad gesneden is. Het is begrijpelijk, dat deze insecten door droog laten loopen van de sawah's te vernietigen zijn. Een verwant motje (Cnaphalocrocis), dat ook de rijstbladen vernielt, leeft in een kokertje van samengesponnen bladeren. Bladvretend zijn ook deze rupsen van de Psychidae, die in eigenaardige uit plantendeelen samengesponnen zakjes leven. (Zakrupsen). Hun optreden kan van belang zijn op koffie, Hevea en klapper.

Al deze rupsenplagen zijn zeer grillig in haar optreden: nu eens treden zij zeer sterk op, om dan plotseling een volgend jaar slechts zeer weinig schade te veroorzaken.

Een van de meest gevreesde insecten op Java is het cacaomotje (Zarathra Cramerella, Zehntner), waarvan het rupsje, de cacaokolven vernielt. Het ei wordt in een gleuf van de schil gelegd en het rupsje kruipt naar binnen om gangen in de schil te graven. Het tast ook het vruchtvleesch aan en ten slotte de zaden. Deze rijpen niet en kleven als een harde massa aaneen. Dit in de vruchten levende dier kan niet met insectendoodende stoffen bestreden worden: het eenige middel dat ter hand kan worden genomen is het vernietigen van alle kolven op een bepaald tijdstip (rampassen, zie blz. 405).

Een bloeikolven vernietigende rups, die in de laatste jaren nogal eens van zich heeft doen spreken is de Melissoblaptes rufovenalis, een dagvlinder, die de meeldraden en vruchtbeginsels van de klapperbloem afvreet. Ook in de jonge vruchten boren de rupsen zich naar binnen. In de nauwelijks geopende bloeikolven kan men reeds massa's rupsen waarnemen. Het eenige bestrijdingsmiddel bestaat in het vernietigen van de aangetaste kolven.

Andere rupsjes leven in schuren en bewaarplaatsen van stapel-

producten. Zoo komt in Oost-Java een motrupsje voor, dat in fermenteerschuren de balen tabak aantast. In tegenstelling met het kevertje (Lasioderma) verplaatst het beweeglijke vlindertje zich van de eene baal in de andere. Het rupsje komt ook als „kleerenmot" voor. De wetenschappelijke naam is nog onbekend. De bestrijding is gelijk aan die van het kevertje (zie pag. 454).

De rijstmot vernielt de opgeschuurde rijst, doordat ze zich met de korrels voedt, en de resten met haar uitwerpsels tot een huisje aaneen spint. Het diertje verpopt zich zoo mogelijk buiten de rijstzakken. Alleen kan door het zorgvuldig reinigen en desinfecteeren van de goedangs poppen en volwassen dieren dooden.

Vliegen of Dipteren. De volwassen insecten van deze groep zijn te kennen aan de twee vleugels en de vliegkolfjes, die het andere vleugelpaar vervangen. Ook hier zijn het weer de larven, die schadelijk zijn voor de cultuurplanten; het zijn pootlooze diertjes, zoogenaamde maden, waarvan er velen als bladmineerders het bladmoes uit de bladen vreten (o.a. in suikerriet Phytomyza). In de gematigde luchtstreken hebben echter de bladmineerders veel grooter beteekenis als plantenparasiet, dan in de tropen. Het larfje van de rijstvlieg (Bibis) leeft onder in de rijststengeltjes, in droge kweekbedden. Het diertje verpopt echter in den grond. Door het onder water zetten van de kweekbedden kan men de diertjes vernietigen. Ook *galmugjes*, (Cecidomyia) die opzwellingen en misvormingen van jonge rijstplantjes en andere gewassen veroorzaken, behooren tot deze groep.

Ten slotte moeten hier nog de *fruitvliegen* genoemd worden, waarvan de larven verschillende vruchten aantasten. Eenige soorten zijn op Java inheemsch: de mangga-vlieg (Batrocera ferruginea, Fabr.), die behalve dat van mangga, ook het vruchtvleesch van spaansche peper vernielt, en ook in koffiebessen aangetroffen wordt. De komkommervlieg (Batrocera cucurbitae. Coq) leeft in komkommerachtige vruchten en tomaten. Men is echter op Java zeer bevreesd, nu de fruitinvoer van Australië sterk toeneemt, voor den invoer van andere fruitvliegen, die in vele tropische en subtropische tot een niet meer uit te roeien plaag zijn geworden. De meest gevreesde is de Middellandsche Zee-fruitvlieg, Ceratitis capitata. Wied, die zich uit Spanje naar Hawaii, Australië en andere tropische landen heeft verbreid.

Vooral West-Australië heeft sterk van deze plaag te lijden. Ze komt niet alleen in sinaasappelen en appel- en steenvruchten voor, doch ook in de meeste tropische vruchten, (ananas, pisang enz). De verbreiding van deze vlieg op Java zou een ramp kunnen worden, daar zij zich in alle tropische landen, waar men haar invoerde, met ongekende hevigheid heeft ontwikkeld.

De larven doen het vruchtvleesch rotten; de vrucht valt spoedig af en de dieren verpoppen zich in den grond. Als bestrijding kan alleen het spoedig wegzoeken van het afgevallen fruit aanbevolen worden. De vruchten mogen niet begraven worden, doch moeten door branden worden vernietigd. In de landen, waar zij hevig optreden, bestaan wettelijke bepalingen tot vernietiging van het afgevallen fruit.

Om den invoer van de vlieg uit Australië naar Java te beletten, heeft men wettelijke bepalingen gemaakt, waarbij al het uit Australië geimporteerde fruit in de havens aan keuring onderworpen is, terwijl de zendingen vergezeld moeten gaan van een certificaat van oorsprong.

Een borende vlieg, die haar eieren in ontkiemend theezaad legt, is op Java waargenomen. Gesloten onbeschadigd theezaad wordt niet aangetast. De larven maken van den inhoud een stinkende, rottende massa.

Vliesvleugeligen of Hymenopteren hebben hun naam te danken aan de vliesachtige, doorzichtige, sterk geaderde vleugels, die vier in getal zijn. De dieren hebben kauwende monddeelen (sterke kaken), doch bovendien is de onderlip tot een zuigorgaan ontwikkeld, waarmee de honing gezogen wordt. De gedaanteverwisseling is volkomen: de larven zijn òf rupsvormig (echter met meer pooten dan de rupsen) of madevormig (dan leven zij parasitisch in gallen of insecten of worden gedurende den groei van voedsel voorzien). Tot deze groep behooren de bladwespen, galwespen, parasitische wespjes, en ten slotte de mieren, bijen en wespen.

Terwijl de bladwespenlarven zich met bladen voeden, veroorzaken de galwespen kleinere of grootere gallen van allerlei vorm op plantendeelen. Onder de overige groepen komen geen eigenlijke plantenparasieten voor, maar wij bespreken ze hier omdat de parasitische sluipwespjes (Chalcididen, Braconiden, Ichneumoniden en Proctotrupiden) bekend zijn als vernietigers van schadelijke insecten. Een en ander werd hierover op pag. 431 reeds meegedeeld.

Tot de *Ichneumoniden* behooren de sluipwespjes van de cacaomot, die in de pop parasiteeren en op haar beurt weer door kleinere wespjes uit de familie der *Chalcididen* worden aangetast. Zeer klein zijn ook de Trichogammasoorten (behoorende tot de metaalglanzige Braconiden) waarvan T. presiosa voor de tabaksrupsen op Sumatra is geïmporteerd en verschillende als eiparasieten van rietboorders op Java zijn gevonden. (T. australicum op Diaraea en Chilo-eieren). Het zijn alleen ei-parasieten. Ook onder de *Braconiden* komen verschillende larve-parasieten voor.

Wat nu de overige vliesvleugeligen aangaat, zoo kan hier vermeld worden, dat verschillende mierensoorten indirect schadelijk werken, doordat zij andere nuttig werkende mierensoorten verjagen. Het verjagen van de zwarte cacaomier (die de Helopeltis uit de tuinen houdt) door de gramangmier (Plagiolepis) mag hiervoor als voorbeeld gelden.

Buitendien kunnen mieren zeker schadelijk zijn voor de zaadbedden van de tabak, van waar zij het zaad bij massa's wegsleepen. Wanneer het bed met petroleum-zeepemulsie is besproeid, komen zij er niet aan.

Snavelinsecten of *Rhynchoten*. Deze insectenorde omvat verschillende wantsen, cicaden en luizen. Het zijn dieren met een allengs plaats vindende gedaanteverwisseling en speciaal gekenmerkt door de zuigende monddeelen (fig. 91), waarmede zij alle mogelijke plantendeelen aansteken en hun sappen uitzuigen. Ten slotte drogen de plantendeelen uit. Vooral jonge groeiende deelen worden hierdoor sterk beschadigd en het gevolg kan zijn, dat het gewas geheel in zijn groei gestuit wordt. Sommige brengen bij het aansteken nog een giftig speeksel in de wond, waardoor de rondom den steek gelegen cellen afsterven. Larven en volwassen insecten hebben hier ongeveer dezelfde levenswijze.

Onder de *wantsen* zijn er twee, die hier besproken moeten worden. De walang sangit (Leptocorisa acuta) is een wants, die bij groote zwermen op de rijstvelden neerstrijkt en de vruchtbeginsels of jonge vruchtjes van de rijstaar uitzuigt. Het gevolg is, dat deze totaal mislukt.

In de Europeesche cultures zijn het de twee soorten van Helopeltis (antonii en theivora), die aan de producten onnoemelijke schade kunnen berokkenen. Bij de cacao worden, zoowel

de jonge takuiteinden als de kolven, aangestoken, uitgezogen en misvormd. Ook de eieren worden in dergelijke aangezogen plekjes gelegd. Niet alleen de oogst, doch ook de boom zelve (takken en bladen) worden dus op deze wijze vernield. Het dier komt op allerlei wilde planten voor en houdt zich, als de omstandigheden voor het aantasten van de cacao minder gunstig zijn, schuil in „Helopeltis nesten". Dit zijn windstille plaatsen langs ravijnen en bronnen, waar allerlei wilde planten staan.

Ook in thee- en kina-aanplanten is Helopeltis algemeen. Hier worden ook de jonge scheuten aangetast en vertoonen de bladeren donkergekleurde zuigwonden. Algemeen is het wegvangen van de dieren, die zich onder te bladen verschuilen. De cacaokolven worden met flambouwen afgebrand. De proeven met verschillende sproeimiddelen hebben nog geen zeker resultaat gehad, doch men verwacht hiervan toch een en ander.

Onder thee en kina komen verschillende typen voor, die tamelijk resistent tegen Helopeltis zijn. Bij cacao is dit niet het geval. Wel heeft de Criollo meer te lijden, omdat zij zeer zwak is. (Over het verband tusschen mieren en Helopeltis, zie pag. 432).

De *bladluizen* (*Aphidae*) zijn kleine, teere diertjes met lange voelers en kleine buisjes op het achterlijf. Zij maken talrijke vervellingen door. Midden in een hoop bladluizen vindt men steeds de witte, afgestroopte huidjes. De diertjes zijn in staat zich, althans gedurende bepaalde tijden, zonder bevruchting voort te planten, zij brengen levende jongen ter wereld, daar het ei reeds in het moederdier uitkomt. Van tijd tot tijd treden gevleugelde diertjes op; het zijn mannetjes en wijfjes, die paren, en waarvan het wijfje eieren legt, die gedurende de voor het leven der luizen ongunstige periode overblijven. Hieruit komen gedurende een groot aantal generaties slechts vleugellooze wijfjes voort. Bij vele soorten heeft men nog nooit mannetjes waargenomen.

De bladluizen zuigen jonge plantendeelen uit en onttrekken daaraan groote hoeveelheden sap. Daardoor drogen de plantendeelen uit, de bladeren krullen zich en komen niet tot volle ontwikkeling. Op den door de luizen uit den anus afgescheiden honingdauw nestelen zich dikwijls roetdauwzwammen, waardoor een met luizen bezette plant een nog onsmakelijker uitzien krijgt.

Op alle cultuurgewassen treden schadelijke bladluizen op. Op het suikerriet valt de groene luis (Aphis sacchari. Zehntner) weinig

in het oog door haar kleur, des te meer echter de witte luis, Oregma lanigera. Zehntner. Wanneer in het begin van den natten tijd de planten sterk gaan groeien, treden deze en andere luizensoorten op. De bladen zijn dan met witte vlokjes (de wasachtige uitscheiding) van de luizen, bedekt.

Terwijl men in de suikercultuur de bladluizen en vooral de witte, met petroleum-emulsie bestrijdt, gebruikt men in Deli tegen de luizen in de tabak een zeep-spiritusoplossing. De petroleum is noodig om door de waslaag heen te dringen; bij de groene teere tabaksluis is dit middel niet noodig.

Een andere groep van luizen vormen de *wortelluizen*. Op de wortels van het riet leeft de gele wortelluis Tetraneura lucifuga. Zehntner. *Schildluizen* (*Cocciden*) zijn alle zeer schadelijke plantenparasieten. Terwijl de bladluizen meest jonge, groeiende deelen aantasten, zuigen de schildluizen ook aan houtige takken, ja zelfs aan boomstammen. Het zijn de wijfjes, die hier de schade doen, doordat zij zich vastzetten, haar vleugels verliezen, door een schild bedekt worden en zoo tot een onbewegelijk wezen worden, dat ten slotte niets meer is dan een door een schildje bedekte massa eieren. Dit schildje kan rond, ovaal of langwerpig (schelpvormig) zijn. Ook de uitgekomen jongen blijven nog een poos onder het schild, om zich dan over de plant te verspreiden. De mannetjes daarentegen zijn gevleugelde dieren, die geen schilden vormen en zich vrij bewegen. Sommige vertegenwoordigers van deze groep hebben in plaats van een schild een witwollige waslaag op de rug. Ook de schildluizen scheiden suikerhoudende vloeistof af, waarop zich roetdauw kan vormen. Het voortplantingsvermogen is evenals bij de bladluizen ontzaglijk groot. Zoo heeft eens Zehntner uitgerekend, dat het wijfje van een suikerriet-schildluis in één jaar tijds 20.345,050 nakomelingen kan hebben. Over het algemeen ontwikkelen zich de luizen het sterkst in het einde van den Oostmoesson; de jonge scheuten, die zich in het begin van den Westmoesson ontwikkelen, worden dan sterk geschaad. Zoowel blad- als schildluizen gaan in het hevigst van den natten tijd te gronde.

Een twaalftal schildluizen parasiteert op het suikerriet, waarvan soorten van het geslacht Aleurodes en Chionaspis op de bladen, en Aspidiotus Lecanium en Chionaspis op de stengels. De plekken rondom de oogen en binnen de bladscheeden zijn haar geliefkoosde zuig-

plaatsen. Met afwrijven van de luizen in jonge tuinen is wel wat te bereiken; ook met het wegnemen van de bladscheeden (trassen). Doelmatiger is nog het afwrijven van de stokken met in petroleum-emulsie gedrenkte lappen.

De groene koffieluis (Lecanium viride) verschilt van de meeste andere schildluizen, doordat de wijfjes bewegelijk blijven, al verplaatsen zij zich dan ook zeer langzaam. Mannetjes zijn, hoewel de luizen in de koffiecultuur van alle tropische landen voorkomen, eerst sedert korten tijd, in enkele exemplaren bekend geworden. Het zijn mugachtig kleine diertjes. Of het voorkomen van bepaalde mierensoorten in verband met de schildluizen, nuttig of schadelijk is, schijnt nog twijfelachtig.

Zeer schadelijk kan ook de witte schildluis (Pseudococcus bicaudatus) worden, die tevens de schaduwboomen, en wel den lamtoro, aantast.

Veel minder schadelijk dan blad- en schildluizen zijn de zuigende cicaden, die zich zelden in zeer groote massa's ontwikkelen, en slechts zeer weinig sappen aan de planten onttrekken. (Witte en zwarte koffiecicade (Lawana en Pochazia).

Rechtvleugeligen of Orthopteren. Deze orde omvat de *sprinkhanen, krekels* en *kakkerlakken.* De dieren hebben alleen een geleidelijk plaats vindende gedaanteverwisseling, maken dus geen poptoestand door en hebben sterke bijtende monddeelen, waarmee zij gaten, zoowel in sappige als in houtige plantendeelen knagen. De vleugels worden in rust in rechte vormen geplooid. Vooral in de laatste jaren zijn de sprinkhanen-plagen in Nederlandsch Indië van belang geweest.

Het is de Cyrtacanthris nigricornis. Burw, die haar eieren in den grond legt en als broedplaats hoofdzakelijk de djatibosschen uitkiest. De jonge djatiaanplanten worden door de dieren kaalgevreten, en de tusschenliggende Leguminosenculturen vernietigd. Uit de djatibosschen verspreiden zij zich in de omliggende klapper- en vruchtboomen van de bevolking (pisang.)

Ook maïs wordt hevig aangetast. Dan verspreiden zich de dieren ten slotte nog in de omliggende Europeesche cultures, waaronder de Hevea, met voorliefde gegeten worden. Ook koffie, cacao, Ficus, randoe worden aangetast. Plaatselijke brandjes in den aanvang van den natten tijd, als het broed bij massa's uitkomt, kunnen groote hoeveelheden

dieren vernietigen. Bovendien zoekt de bevolking de eierhoopjes weg. Andere soorten strijken in zwermen op de rijstvelden neer. Ook in riettuinen komt sprinkhanenschade voor. Krekels (Gryllidae) kunnen de bibit van verschillende gewassen vernielen. In theetuinen, tabaksvelden en in riettuinen zijn zij soms van belang.

De oude orde van de *Netvleugeligen (Neuroptera)* is tegenwoordig in verschillende groepen gesplitst. Phytopathologisch van belang zijn de *termieten*, die tot de *(Corrodentia)* behooren. De dieren maken een allengs plaats vindende gedaanteverwisseling door, hebben bijtende monddeelen en slecht ontwikkelde vliezige vleugels. De alom bekende witte mieren (ongevleugeld rajap, gevleugeld laron) vernietigen niet alleen houten meubels en wanden, doch tasten ook levende boomen aan. Het is bekend genoeg hoe stekken van allerlei sierplanten, rozen en groenten door termieten worden aangetast. In de groote cultures is in de laatste jaren de Hevea termiet Coptotermes gestroi, meer bekend geworden, die bovendien Ficus, kapok, klapper en Albizzia's aantast. De nesten van deze termiet vindt men in den grond, of ook wel in het hout van genoemde cultuurplanten. Het grondnest is uit klei vervaardigd en met een uit houtknaagsel bereide laag bekleed. De dieren graven van het nest gangen naar de Hevea boomen, die zij van binnen uit doorgraven. Soms maken zij ook overdekte galerijen in den bast. De uitgeholde boom waait bij storm om. In den stomp blijven de termieten nog jaren huizen.

Een termietenkolonie bestaat in het algemeen uit een koningin en een koning (geslachtsdier), arbeiders en soldaten. De koningin vindt men bij de Heveatermiet zelden. De soldaten van deze soort zijn gekenmerkt, doordat zij uit een opening in het voorhoofd een witte vloeistof te voorschijn kunnen persen.

Termietennesten kunnen vernield worden door zwavelarsenicum dampen, die in den „Ameisentödter Universal ontwikkeld worden. (zie blz. 427).

Blaaspooten of Physopoden zijn zeer kleine diertjes, die geen gedaanteverwisseling doormaken en vier van franje voorziene vleugels bezitten. De diertjes zuigen aan sappige plantendeelen, die zij, evenals de bladluizen, tot uitdroging brengen. Zoo vindt men op het suikerriet in den Oostmoesson verschillende Thripsen. De bibit van de Delitabak

heeft er soms veel van te lijden De kleine, gele diertjes leven aan den bladonderkant, en maakt daar talrijke zuigplekjes. Men kan ze met petroleumzeep bestrijden.

II. Spinachtige dieren *(Acarinae)*.

Mijten hebben, in tegenstelling met insecten, acht pooten. Het zijn kleine, spinachtige diertjes, met een soms bijna rond, soms een meer langgerekt lichaam.

Evenals in de gematigde luchtstreken gaan in Nederlandsch-Indië mijtenplagen samen met zeer droog weer. Gedurende langdurige Oostmoessons hebben verschillende gewassen, en wel voornamelijk cassave en thee er van te lijden. Zij doen door sterk zuigen de bladeren uitdrogen, omkrullen en afvallen, zoodat de planten kaal staan.

De cassavemijt begint met zuigen aan den bladvoet, daar waar de nerven in den bladsteel uitloopen. Dit geel verkleurde deel droogt spoedig in, scheurt en doet het blad vallen. Tetranychus bimaculatus. Harv. leeft bovendien op allerlei onkruiden. Het afplukken en verbranden van de bladeren (pritillen) is tot nog tot het eenige middel gebleken, om de mijten te vernietigen, hoewel de kaalgeplukte planten natuurlijk eenigen tijd in groei stilstaan. De dieren zelf zijn verbazend resistent tegen allerlei insecticiden.

Ook in de theecultuur treedt in langaanhoudende Oostmoessons een sterke bladval, tengevolge van mijten op. Het meest schadelijke is de oranje mijt (Brevipalpus), die op den onderkant van de theebladen leeft en ook de jonge twijgjes aantast. De roode mijt (Tetranychus) is minder algemeen en komt in tegenstelling met de vorige juist op lager gelegen ondernemingen voor. De bladeren zijn, door deze diertjes aangezogen, typisch brons-rood, en de diertjes bevinden zich op den bovenkant. Veel heviger treedt dit diertje in Britsch-Indië op.

Op Java is van meer belang de purpermijt (Phytoptus), die hoofdzakelijk jonge planten aantast. De diertjes leven op beide bladzijden. Door tijdig en diep snoeien kan men massa's eieren van mijten op takken en bladen vernielen. Het is n. l. zeer moeilijk de goed beschermde eieren door insecticiden te dooden, dus wordt de snoei, gepaard met krachtige bemesting nog al ruim toegepast. Dit snoeien

wordt dan gevolgd door bestrijking van de takken met Bordeausche pap. In verband met de vele regens heeft ook het zwavelen van de theeplanten nog weinig succes gehad en is men bij de bestrijding van de mijten nog niet tot het gebruik van insecticiden overgegaan. Echter is het desinfecteeren van Britsch-Indisch theezaad, dat dikwijls met mijten bezet is, ook om andere parasieten te weren, zeer doelmatig.

Aaltjes *(Anguillulililiden).*

Het leven en de aard van beschadiging door deze klein wormpjes in het leven geroepen, hebben wij op pag. 389 leeren kennen.

In onze tropische gewesten komen hoofdzakelijk twee geslachten van aaltjes voor, als beschadigers van kultuurgewassen.

Het geslacht Heterodera wordt vertegenwoordigd door Heterodera radicicola, die kleine opzwellingen aan de wortels van thee, suiker veroorzaakt. In jonge theeaanplanten kunnen de aaltjes pleksgewijze voorkomen en de boompjes in groei doen stilstaan. Van grootere beteekenis zijn op Java de soorten van het geslacht Tylenchus, dat zich van Heterodera door het bezit van een mondstekel onderscheidt. Bovendien zijn de dieren langer en slanker van vorm. In Europa zijn de Tylenchus aaltjes meest stengelbewoners, terwijl zij in Indië als wortelparasieten zijn waargenomen, die echter, in tegenstelling met Heterodera, geen opzwellingen vormen.

Zeer berucht zijn de koffie-aaltjes, waarvan Tylenchus coffeae Zimm. het voornaamste is. In aaltjeszieke wortels vindt men steeds tal van sooiten, waarvan enkelen saprophyten zijn, die eerst komen, nadat de parasieten het weefsel gedood hebben.

De wortels worden bruin gekleurd en sterven af; bij gevolg verwelken de bladeren en vallen af. De Liberia koffie is wat minder gevoelig dan de Java koffie, zoodat men vroeger arabica wel op liberiastammen entte. Ook Robusta schijnt beter tegen aaltjes bestand te zijn.

In de tabakscultuur zijn aaltjes ook alleen plaatselijk van belang.

Plantenziekten van anderen aard.

Onder de plantenziekten, die nòch aan plantaardige, nòch aan dierlijke parasieten zijn toe te schrijven, kunnen wij twee groepen onderscheiden. Er zijn eenerzijds ziekten, waarvan met zekerheid de besmettelijkheid is vastgesteld, en waarbij het toch nooit gelukt is organismen als oorzaak te vinden. Mogelijk hebben wij hier met zeer kleine organismen te doen, of met een soort „smetstof" of „virus" waarvan wij den aard niet nader kennen. (Mozaïekachtige ziekten). Anderzijds is er een rubriek van ziekten, die door bepaalde uitwendige omstandigheden, die in den bodem of het klimaat hun oorsprong vinden, worden veroorzaakt. Dit zijn de zoogenaamde niet-parasitaire ziekten, die over het algemeen zeer onvolledig bekend zijn.

I. Mozaïekachtige en bontziekten.

Mozaïekziekte van de tabak, in Deli peh-sim genoemd, doet zich voor als gele vlekken op de bladeren. Deze krijgen een mozaïekachtige gevlektheid; gele en zeer donker-groene vlekken wisselen met elkander af. Het blad is bovendien dikker en minderwaardig voor tabaksfabrikatie. Het is duidelijk aangetoond, dat de ziekte door koelies van de eene plant op de andere, bij het toppen of andere bewerkingen, wordt overgebracht. Worden de planten in den beginne uit den aanplant verwijderd, dan kan eene sterke besmetting voorkomen worden.

Mozaïekachtige verkleuringen komen bij verschillende gewassen voor, vooral in de familie der nachtschaden, waartoe tabak, tomaat en aardappel behooren. Ook de tomaat heeft een zeer besmettelijke mozaïekziekte; bij den aardappel staat de al of niet besmettelijkheid nog niet vast. Terwijl zich bij de tabak hoofdzakelijk de mozaïekvorm

van deze ziekte voordoet, treden bij de tomaat dikwijls zeer sterke bladreducties op den voorgrond. De mozaïekzieke bladeren ontwikkelen dan soms alleen nerven, of daaraan slechts een zeer klein gedeelte van de bladschijf. Ook bij de tabak kent men zulke verschijnselen: men noemt het ziektebeeld dan „tjakker". Zeer waarschijnlijk hebben wij hier, evenals bij de tomaat, met een zeer bepaalden vorm van mozaïek te doen.

Uit de mozaïekzieke bladeren kan men een extract maken en hiermee gezonde jonge spruiten inspuiten; de ziekte ontwikkelt zich dan op de bladeren. Zij gaat echter niet van tabak op tomaat en viceversa over.

Aan de mozaïekziekten, waarbij het bestaan van een smetstof is aangetoond, kan men verschillende ziekten aansluiten, waarvan de al of niet besmettelijkheid nog niet vaststaat. Zij vertoonen gele verkleuringen in het loof, (die echter niet zoo scherp omschreven zijn, als bij de mozaïekziekten) en een achterlijken gedrongen groei.

Serehziekte van het suikerriet. Deze dankt haar naam aan de gelijkenis met het sereh-gras (Andropogon schoenanthus). De serehzieke planten vertoonen sterke verkorte internodiën en bijgevolg ook zeer korte stengels, waaraan de abnormaal dicht opeen gedrongen bladen zich waaiervormig uitbreiden. De knoppen loopen uit of zijn sterk aangezwollen. Ook de wortels blijven kort en zijn schraal ontwikkeld, dikwijls afgestorven. In de stengels zijn de vaten rood verkleurd en dikwijls met gom verstopt.

Over de serehziekte bestaat een groote massa litteratuur. De eene onderzoeker wijt de ziekte aan organismen, de andere aan fouten in de cultuur, een derde aan degeneratieverschijnselen van bepaalde rietrassen, doch opgelost is de zaak geenszins. Er zijn bewijzen, die tegen organismen spreken, andere die er voor zijn, zoo ook wat besmettelijkheid en erfelijkheid aangaat.

In dezelfde rubriek behoort waarschijnlijk de *bladrolziekte* van den aardappel thuis. De planten vertoonen een achterlijken groei, gelige kleur en de blaadjes zijn langs de middennerf opgevouwen, terwijl de randen gekruld zijn. De ziekte is waarschijnlijk besmettelijk. Evenals bij de serehziekte, voert het gebruik van bibit van zieke planten tot een sterken achteruitgang van de cultuur.

Mogelijk is de *krulziekte* van Arachis (katjang tanah) hiermede verwant. Ook hier hebben wij met verkorte spruiten, een gele bladkleur en sterk gereduceerde bladeren te doen. Op Java begint de ziekte pas op te treden; in Oostelijk Afrika doet zij reeds veel schade.

Evenzeer in het duister verkeert men over de oorzaak over de *Gele strepenziekte* van het suikerriet, waarbij de stengels en bladen gele strepen vertoonen, die in overlangsche richting gerekt zijn. In de oudere vlekken treden dikwijls barsten op. De jonge vlekken zijn door een roode lijn omgeven, die blijken uit afgestorven cellen te bestaan. De planten zelve zijn zwak van groei en bevatten minder suiker in de gebarsten stengels. De ziekte is niet besmettelijk zooals de mozaïekziekte; zij wordt niet bij aanraking van de eene plant op de andere overgebracht. Wel vertoonen bibits van zieke planten de ziekte eveneens. Door het zaad wordt de ziekte niet overgebracht. Misschien hebben wij hier met een bepaalden vorm van *bont* te maken.

Het gewone *bont* is bij talrijke cultuurplanten bekend. Tabak vertoont *marmerblad* als uiting van bont. Ook andere gewassen kunnen bonte bladeren vertoonen. Bij verschillende soorten in Europa gekweekt is een besmettelijk bont bekend (Arbutilon, liguster), van andere staat het vast, dat het bont niet door enting kan worden overgebracht.

Al deze verschijnselen, mozaïek, besmettelijk bont, bont, zijn voor het oogenblik nog in hun oorzaak onbekend. De verschillende theoriën, die hierover bestaan, kunnen hier niet verder besproken worden.

II. Niet parasitaire ziekten.

Ziekten, die door bepaalde cultuuromstandigheden, bodemtoestanden of bemesting of klimatologische invloeden, worden veroorzaakt, zijn in het algemeen slecht bekend. Onder de talrijke gevallen, die er over de geheele wereld bekend zijn, zijn er slechts weinige, waarbij met zekerheid de oorzaak proefondervindelijk is vastgesteld. Toch kan men soms met vrij groote waarschijnlijkheid zeggen, welke omstandigheid ziekelijke verschijnselen bij onze cultuurgewassen in het leven roepen. In het algemeen zijn de ziekteverschijnselen niet zoo typisch en scherp omgrensd, als dit bij parasitaire ziekten het geval is. Te groote vochtigheid van den bodem kan een geelkleuring van de bladeren ten gevolge hebben; te sterke stikstofbemesting doet het

graan geil staan en gemakkelijk legeren. In Oost-Indië is een niet-parasitaire ziekte bekend, die van groote beteekenis is, en waarvan de verschijnselen zeer typisch zijn.

Omo mentek of *wortelrot.* Deze rijstziekte is een verdrogingsziekte, die het gevolg is van een rotting van de wortels. Deze laatste zijn niet meer in staat water op te nemen, zoodat de bovenaardsche deelen van de rijstplant verdrogen. De bladeren krijgen een roodgele kleur en vertoonen het opdrogen in strepen, de plant stoelt slecht uit en de vruchtzetting blijft gering. De oorzaak is te vinden in gebrek aan zuurstof voor de wortels, welke het gevolg is van een slechten, physischen bodemtoestand. Een goede afwatering en intensieve grondbewerking in den Oostmoesson gaan het optreden van de mentekziekte tegen. Buitendien moet er voor gezorgd worden, dat de rijstgronden niet door het telen van padi in den Oostmoesson voortdurend eenzijdig uitgeput worden.

III. Abnormaliteiten.

Ten slotte komen er nog tal van ziekelijke of abnormale groeiverschijnselen in Indische cultuurplanten voor, van welke wij de oorzaak niet kennen.

De tabak heeft van storingen in den groei te lijden, b.v. *kroepoek.* De bladeren vertoonen een slecht ontwikkelde bladschijf en zijn gevouwen en gekromd. *Gilah* bij tabak is een vorm van *klemdraai*, een verbreeding en draaiing van den stengel. Ook Hevea stammetjes vertoonen wel eens klemdraai. Storingen in de ontwikkeling van de suikerrietbladen geven een beeld, dat men *pokkah-bong* noemt.

Erwtjes op Hevea, die men vroeger voor een begin van ziekelijke gezwellen aanzag, zijn niet anders dan slapende knoppen.
